

# 室內電磁環境對人體健康之影響 與對策評估計畫

受委託單位：社團法人台灣綠建築發展協會

研究主持人：廖子源

共同主持人：張又升

專任助理：羅玉賢

兼任助理：汪潔音、潘華龍

研究期程：中華民國 106 年 5 月至 106 年 12 月

計畫經費：新臺幣 113 萬 6 千元

## 內政部建築研究所業務委託計畫報告

中華民國 106 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)



# 目錄

目錄.....	I
表目錄.....	V
圖目錄.....	VII
摘要.....	IX
第一章 緒論.....	1
<b>第一節 生活中的電磁波環境</b> .....	1
1-1.1 電磁波環境無所不在.....	1
1-1.2 人造電磁波污染嚴重化.....	2
1-1.3 人造電磁波污染逐漸受到各國重視.....	3
<b>第二節 電磁波的環境風險</b> .....	4
1-2.1 電磁波對人體生理的影響與變化.....	4
1-2.2 電磁波污染的特徵與生態衝擊.....	4
1-2.3 電磁波污染的理性溝通與環境風險預防.....	5
<b>第三節 電磁波防護原理與技術</b> .....	6
1-3.1 屏蔽防護技術.....	6
1-3.2 接地防護技術.....	6
1-3.3 吸收防護技術.....	7
1-3.4 距離防護技術.....	7
1-3.5 其他安全防護習慣.....	7
<b>第四節 研究步驟與流程</b> .....	8
<b>第五節 電磁波範圍說明</b> .....	9
第二章 建築物與電磁波.....	11
<b>第一節 現代建築的電磁波環境</b> .....	11
2-1.1 更多的設備、更高的風險.....	11
2-1.2 智慧建築與資通訊設備.....	11
2-1.3 如何避免電磁波風險.....	11
2-1.4 居家環境的電磁波預防措施.....	12
<b>第二節 各國低頻電磁波的規範值</b> .....	12
2-2.1 制定規範值的目的.....	12
2-2.2 各國低頻電磁波規範.....	13
<b>第三節 健康住宅的電磁波</b> .....	17
2-3.1 生機建築理論與健康住宅.....	17
2-3.2 睡眠區需要更重視電磁波風險.....	19
<b>第四節 電磁波與建築接地</b> .....	21
2-4.1 建築物接地.....	21

2-4.2 建築物接地與電磁波 .....	22
第三章 建築物電磁波量測.....	23
<b>第一節 低頻電磁波測量</b> .....	23
3-1.1 發生源的特性 .....	23
3-1.2 測量時間 .....	24
3-1.3 測量距離 .....	24
3-1.4 測量干擾 .....	24
<b>第二節 低頻頻譜分析儀介紹</b> .....	25
3-2.1 儀器規格介紹 .....	25
3-2.2 操作模式介紹 .....	26
3-2.3 頻譜儀分析原理 .....	28
3-2.4 頻譜分析儀使用方法 .....	28
<b>第三節 電器設備電磁波測量方法</b> .....	29
3-3.1 量測時間的考量 .....	29
3-4.2 量測距離的考量 .....	29
3-4.3 測量高度的考量 .....	30
3-4.4 居家電器設備實測方式 .....	30
<b>第四節 家用電器電磁波測量結果</b> .....	31
3-4.1 居家電器設備測量數據 .....	31
3-4.2 居家電器設備測量數據討論 .....	32
<b>第五節 建築物空間測量方法</b> .....	35
3-5.1 量測時間的考量 .....	35
3-5.2 量測高度的考量 .....	35
3-5.3 量測干擾考量 .....	35
3-5.4 佈點方式 .....	35
3-5.5 空間平均值計算方式 .....	36
<b>第六節 建築物接地電阻測量方法</b> .....	39
3-6.1 建築物接地電阻 .....	39
3-6.2 測量原理 .....	40
<b>第七節 接地電阻儀器介紹</b> .....	41
3-7.1 接地電阻 Fluke 1632 儀器規格 .....	41
3-7.2 接地電阻儀使用方法 .....	42
<b>第八節 空間電磁波測量結果</b> .....	43
3-8.1 案例一空間量測結果 .....	43
3-8.2 案例二空間量測結果 .....	46
3-8.3 案例三空間量測結果 .....	49
3-8.4 案例四空間量測結果 .....	51
3-8.5 案例五空間量測結果 .....	53



3-8.6 案例六空間量測結果 .....	55
3-8.7 案例七空間量測結果 .....	57
3-8.8 案例八空間量測結果 .....	60
3-8.9 案例九空間量測結果 .....	63
3-8.10 案例十空間量測結果 .....	66
<b>第九節 討論與分析</b> .....	69
3-9.1 居家電器常忽略的高電磁波風險 .....	69
3-9.2 智慧建築與一般建築物的電磁波比較 .....	71
<b>第四章 電磁波與人體健康</b> .....	75
<b>第一節 電磁波對人體健康的影響</b> .....	75
4-1.1 電磁波對人體的危害 .....	76
4-1.2 極低頻電磁波對人體健康的影響 .....	76
<b>第二節 電磁波人體試驗</b> .....	79
4-2.1 自律神經功能 .....	79
4-2.2 心率變異性與健康 .....	79
4-2.3 人體試驗申請與教育訓練 .....	81
<b>第三節 人體試驗流程</b> .....	82
4-3.1 規劃電磁場檢測環境 .....	82
4-3.2 受測者條件 .....	85
4-3.3 檢測流程 .....	85
<b>第四節 研究結果分析與討論</b> .....	87
<b>第五章 電磁波防護</b> .....	93
<b>第一節 建築物室內電磁波防護</b> .....	93
5-1.1 建築物電磁波防護目的 .....	93
5-1.2 建築物電磁波防護設計 .....	93
<b>第二節 居家生活電磁波防護</b> .....	94
<b>第三節 各種電磁波防護技術與原理</b> .....	95
<b>第六章 結論與建議</b> .....	149
<b>第一節 結論</b> .....	149
<b>第二節 建議</b> .....	150
附錄 .....	153
參考書目 .....	177



## 表目錄

表 1-1	人為的電磁波來源 .....	2
表 2-1	各國低頻電磁波規範值 .....	16
表 2-2	SBM 標準電磁場標準分級 .....	20
表 3-1	SPECTRAN <sup>®</sup> NF-3020 規格 .....	25
表 3-2	頻譜分析儀操作模式 .....	27
表 3-3	常見家用電器設備量測結果 .....	31
表 3-4	單一空間量測結果 .....	37
表 3-5	複雜空間與增設測點空間量測結果 .....	38
表 3-6	Fluke 1623 接地電阻規格 .....	41
表 3-7	Fluke 1623 接地電阻儀使用方法 .....	42
表 4-1	HRV(心率變異)檢測分析表 .....	88
表 5-1	電磁波防護技術總表 .....	96



## 圖目錄

圖 1-1	研究流程圖 .....	8
圖 2-1	良好的建築物接地設計可有效降低低頻電磁波 ... <b>錯誤! 尚未定義書籤。</b>	
圖 2-1	正確的接地工程施工後需進行電阻量測，以確保功效 <b>錯誤! 尚未定義書籤。</b>	
圖 3-1	基本波、諧波 .....	23
圖 3-2	連續波、脈衝波 .....	23
圖 3-3	頻譜儀分析原理 .....	28
圖 3-4	儀器架設示意圖 .....	30
圖 3-5	家用電器設備磁場量測橫條圖 .....	32
圖 3-7	增設測點示意圖 .....	37
圖 3-8	TT 接地系統 .....	40
圖 3-9	Fluke 1623-2 接地電阻測試儀 .....	<b>錯誤! 尚未定義書籤。</b>
圖 3-10	案例一空間測量結果 .....	<b>錯誤! 尚未定義書籤。</b>
圖 3-11	案例一住宅電磁波熱點照片 .....	45
圖 3-12	案例二空間測量結果 .....	47
圖 3-13	案例二住宅電磁波熱點照片 .....	<b>錯誤! 尚未定義書籤。</b> 8
圖 3-14	案例三空間測量結果 .....	49
圖 3-15	案例三住宅電磁波熱點照片 .....	50
圖 3-16	案例四空間測量結果 .....	51
圖 3-17	案例四住宅電磁波熱點照片 .....	52
圖 3-18	案例五空間測量結果 .....	53
圖 3-19	案例五住宅電磁波熱點照片 .....	54
圖 3-20	案例六空間測量結果 .....	55
圖 3-21	案例六住宅電磁波熱點照片 .....	56
圖 3-22	案例七空間測量結果 .....	58
圖 3-23	案例七住宅電磁波熱點照片 .....	59
圖 3-24	案例八空間測量結果 .....	61
圖 3-25	案例八住宅電磁波熱點照片 .....	62
圖 3-26	案例九空間測量結果 .....	64
圖 3-27	案例九住宅電磁波熱點照片 .....	65
圖 3-28	案例十空間測量結果 .....	67
圖 3-29	案例十住宅電磁波熱點照片 .....	68
圖 3-30	常忽略的高電磁波熱點照片 .....	70
圖 3-31	智慧建築的電磁波熱點照片 .....	73
圖 3-32	智慧建築使用具有屏蔽性能的金屬管件與金屬配線盒 .....	73
圖 4-1	心率變異曲線圖 .....	81

圖 4-2	腕式生理監測器 (心率變異性評估) .....	82
圖 4-3	同意人體研究試驗證明書 .....	83
圖 4-4	人體試驗研究倫理講習訓練證明書 .....	84
圖 4-5	檢測空間環境設置圖 .....	85
圖 4-6	HRV(自律神經功能總活性)檢測分析圖 .....	92
圖 4-7	LF(交感神經活性)檢測分析圖 .....	93

## 摘 要

關鍵詞：低頻電磁波、接地、電磁波防護、自律神經、心律變異性

### 一、研究緣起

現代建築之室內環境，為因應舒適便利、安全管理、居家照護、通訊娛樂等時代需求，各類電器設備的數量隨之大增，電器設備的數量與種類早已非過往早期建築物的傳統規模。而大量增加的電子、通信、監控設備，其用電安全及所產生的電磁波干擾，對於人體健康恐存在不確定程度之影響。電磁波的健康風險雖然目前尚未有定論，但許多先進國家研究機構早已規範相關的環境電磁波安全建議值。本研究擬以建築低頻電磁波（室內佈線、電氣設備與其造成之相關電磁環境）進行相關先期研究。

### 二、研究方法及過程

本研究蒐集各國最新的低頻電磁波規範建議值以供我國參考，並利用電磁波頻譜分析儀、接地檢測計、接地電阻量測儀等設備量測常用電器使用時產生之低頻電磁波值與抽樣調查既有建築物接地現況與評估其電磁波環境熱點。本研究另申請進行人體試驗，利用心律變異性生理監測儀，進行自律神經與交感神經在環境電磁場變化條件下的差異性分析，以環境醫學角度檢測人體在不同電磁環境產生之生理與心理變化。最後並整理各項電磁波防護技術提供使用者與建築物改善電磁波環境、減低健康風險之參考。

### 三、重要發現

電器設備在有效接地的情況下，低頻環境電場有大幅度的改善（量測值幾乎降為零），但環境磁場的變化則較不明顯。而從我國既有建築的接地現況調查發現，近年新建的建築物室內配線都使用三孔電源插座並有確實接地（接地電阻量測情況均為良好）。同時亦發現老舊的建築物，110V電源插座皆採用二孔形式，

其插座端並未正確接地，但是老舊建築物若同時設有220V電源插座者，所調查之案例均有進行接地，顯見過去舊建築物在110V電源插座的接地施工上有便宜行事的陋習。智慧建築有更高的自動化與資訊化，在建築設備、室內配線與弱電工程上比一般建築的造價高。但相對於一般建築物，智慧建築會使用更為嚴謹、系統化的室內佈線與建築物接地技術。實際於現場環境進行空間電磁波量測，可發現智慧建築在低頻電磁波的影響沒有比一般建築來的高，不過此部份不包括無線射頻的高頻電磁波量測。另外由心率變異性的人體試驗結果顯示，發現自律神經總活性(HRV)及交感神經活性(LF)在環境電場變化的情況下會有對應的變化。但是此項實驗檢測僅限短時間前後的檢測比對，不是長時間的觀察，所以還暫時無法下結論認為電磁波對人體健康有所妨害；仍須進行長期觀察。

#### 四、主要建議事項

根據研究發現，本研究針對室內低頻電磁環境對人體健康之影響與對策，提出下列具體建議。以下分別從立即可行建議及中長期建議加以列舉

##### 建議一

(加強新建建築物水電施工查核與鼓勵既有老舊建築物二孔電源插座正確接地之改善)立即可行之建議

主辦機關：內政部營建署、台灣電力公司

協辦機關：行政院工程會、各級營造廠、水電包商

由建管單位與台電加強稽核新建建築物接地工程之正確性，並輔導改善既有老舊建築物進行電源插座之接地施作，可引導承包商進行正確的建築配線與接地工程，並有效改善建築物的低頻環境電場，同時可以提高民眾用電安全與降低電磁波的健康風險。

##### 建議二

(謹慎迴避，保持安全距離)立即可行之建議

主辦機關：台灣電力公司

協辦機關：內政部建研所、全國民眾

對於低頻電磁波，許多專家的建議是採『謹慎迴避』的原則來面對。所謂謹



慎迴避原則是先要測定場域、找出電磁波來源並設法迴避。讓建築物使用者儘量於電磁場設備正在使用時，減少自身的電磁波曝露，並增加和電磁波來源之間的安全距離，這樣就能降低電磁波污染的健康風險。建議可由台電加強宣導電氣產品的相關風險預防觀念，讓全國民眾有正確的電器使用習慣與電磁波安全防護觀念。

### 建議三

（建築佈線系統化並加以適當屏蔽）立即可行之建議

主辦機關：內政部營建署、台灣電力公司

協辦機關：內政部建研所、行政院工程會、各級營造廠、水電包商、全國民眾

由智慧建築的低頻電磁波量測結果顯示，更為嚴謹、系統化的室內佈線與建築物接地、屏蔽技術可降低低頻電磁波的影響。因此可建議未來新建建築物或舊建築物整修時，在建築佈線與相關管線的屏蔽材料使用上加以適當規範或建議，將可降低低頻電磁波的健康風險。

### 建議四

（電器製造商的電源線插頭全面三插化，提供用電器材正確的接地）長期性建議

主辦機關：經濟部標檢局

協辦機關：電器製造商、全國民眾

各種電器設備在有效接地的情況下，低頻環境電場均有大幅度的改善，可減少使用者暴露的電磁波風險。市面上仍有許多電器產品的電源線插頭仍為傳統二插式，但在歐美國家的電器用品插頭大都是三插的。雖然目前法規早已有建築物電器插座要有正確接地的規範，但電器用品電源插頭設計仍須配合才能達到功效。建議由經濟部商檢局訂定相關電源線插頭接地規範與電器製造商主動配合生產電源線有接地極之三插插頭。另外全國民眾在選購相關電器產品時，若能明白有接地設計的產品可提高自己的低頻電磁波防護效果，自然會選擇風險較低的電器產品，導引廠商生產安全的產品。



## 第一章 緒論

隨著科技的進步，許多的發明帶給人類更多的便利與文明，其中關於電力與無線電通訊技術更是改變我們今日生活型態的最重要發明之一，但這些大量的電子、通訊、醫療、交通、電力輸送與電器設備進入我們生活環境當中，人造的電磁環境可能帶給人們另一種新型態的環境污染—電磁波污染，並隱藏著從未知道的風險。現代建築之室內環境，為因應舒適便利、安全管理、居家照護、通訊娛樂等需求，各類電器設備的數量隨之大增，電器設備的數量與種類早已非過往早期建築物的傳統規模。而大量增加的電子、通信、監控設備，其用電安全及所產生的電磁波干擾，對於人體健康恐存在不確定程度之影響。電磁波的健康風險雖然目前尚未有定論，但許多先進國家研究機構早已進行相關的環境電磁波安全建議值之研訂。本研究擬以建築物低頻電磁環境（室內佈線、電氣設備與其造成之相關電磁波環境）進行相關研究，並以環境醫學角度檢測人體在不同電磁波環境產生之生理與心理變化。本研究所進行之建築物室內低頻電磁環境的評估，可成為我國建築物與電磁波環境污染的先期研究，也是關心健康居住環境可思考與研究的新課題。

### 第一節 生活中的電磁波環境

#### 1-1.1 電磁波環境無所不在

電磁波是電磁場的波動，它像是光與熱一般，是一種能量形式，能藉由輻射或導體的方式輸送，我們看不到，也摸不著電磁波。電場的變化會產生磁場，磁場的變化會產生電場，兩者間交互作用，產生電磁波。地球在自然條件下，也存在著天然電場與磁場，組成一個大自然的電磁波環境。地球的電場在大氣活動中產生（如閃電、颱風、氣壓變化產生大氣中的電離現象等），磁場則是地心中液態金屬物質的電流產生而造成地磁的效果。此外來自外太空宇宙射線與太陽黑子的活動也可能帶給我們天然的電磁環境。一般而言，地球上的人類暴露在天然的電磁環境下是無害的。而人造的電磁波環境起因於人為的放電、感應、射頻通訊與電器設施等等（表1-1）。隨著電磁設備與技術的快速發展，現代人類的人造電

磁環境已變得更複雜。

其中最主要的來源可分類如下：

1. 廣播、無線電視台發射：
2. 雷達設施：
3. 行動通訊基地台：
4. 衛星接收中繼站、衛星新聞轉播車：
5. 變電站與高壓輸配電系統：
6. 工業、醫療、科學研究放射性設備：
7. 個人行動通訊器材：
8. 各式家用電器：

表1-1 人為的電磁波來源

分類	污染源設備（例）	電磁波源說明
放電	電力輸送配線	大電流高、電壓引起之靜電、電磁感應與大地電流現象
	放電管	日光燈、水銀燈等其他放電管類
	開關、發動機、汽車	點火系統、發電機、整流裝置
感應	輸配電、電氣軌道	大電流高、電壓引起之電磁感應
輻射	無線電發射、雷達	廣播、電視的訊號發射系統
	醫療設備	醫療用放射性設備
家用電器	微波爐、電腦、電磁爐、吹風機、電扇、充電器等	各式電器設備
通訊	行動電話、無線對講機	基地台放射天線、微波
反射	大型建築物、金屬構造物	鋼筋、鋼骨結構、金屬壁體等反射源

資料來源：本研究整理

### 1-1.2 人造電磁波污染嚴重化

在百餘年前，沒有電力設施與無線通訊技術等發明的年代，人類是生活在沒有人造電磁波的天然電磁環境中，人體適應天然電磁環境並無大礙。然而隨著科技的進步，大量的電子、通訊、醫療、交通、電力輸送與電器設備進入我們生活

當中，人造的電磁環境變得更加複雜與嚴重，產生新的污染型態—電磁波污染。現代化的生活環境，大量存在各種廣播、通訊、電氣設備與電力設施，因此電磁波環境在我們生活當中無所不在，幾乎是有人類活動的地方，就會存在著人造的電磁波環境，不僅對人類或環境中的其他物種可能產生生存或健康的負面影響，也對通信信號等接收產生一定程度的干擾，或可能產生爆炸、燃燒等風險。都市化越嚴重的地區，通常人造電磁波污染越強，遠離都市地區，相對的人造電磁波污染也會隨之降低。生活中常見到許多的電磁波干擾現象，例如當室外有大型車輛經過時，正在收聽的廣播電台訊號產生雜音干擾，此為汽車的點火放電系統產生的電磁波干擾。而住家附近若有電氣軌道設施（高鐵、捷運或火車），有人也會反應當列車通過時，數位電視的收訊便受到影響無法正常收視。家中使用無線電話時，話機周邊的電腦螢幕產生閃動或波紋現象等。醫院內使用手機可能造成患者心律調整器出現異狀與各式電子開關異常，造成危及病人生命安全等風險。飛機上在起飛降落等特定時段，也禁止使用各種私人電子設備，是為了避免這些電子設備的電磁脈衝通過機上電纜造成影響機上敏感設備，影響飛行安全。而例如加油站加油時，通常會有禁用手機的警語標示，也是在避免電磁波可能產生的油氣爆炸或引燃風險。

### 1-1.3 人造電磁波污染逐漸受到各國重視

電磁波一般可區分為高頻電磁波與低頻電磁波。高頻電磁波如手機通訊、基地台發射、無線上網（WiFi）、廣播電台發射、雷達、無線電話、微波爐等，隨著無線通訊設備大量普及與傳輸技術進步，生活周遭基地台的涵蓋範圍越大與功率越強，幾乎所有人都難逃其影響（本研究暫不討論高頻電磁波的部分）。低頻電磁波主要來自生活周遭中的電力設施與家電用品等帶有電流之類的物品，如變電所、高壓電輸送電纜、配電盤、變壓器與各種家電設備等。低頻電磁波的來源與建築物用電設備息息相關，是本研究探討的主要對象。隨著廣播、電視、通訊與電力設備的普及與發展，生活中的非天然環境電磁波每年正以快速的速度增加。人類在享受現代化生活帶來的便利與舒適的同時，可能也正受到惡化的電磁波環境對人體健康可能產生的負面影響。

越來越多的研究顯示，除了空氣污染、水污染、噪音污染與固體廢棄物污染等傳統環境污染外，電磁波污染已成為不得不正視的新環境污染課題。人工電磁波環境對人體潛在的健康風險已成為科學界關注的重要課題，世界各國已有越來

越多的研究進行相關課題的評估與探討。

## 第二節 電磁波的環境風險

### 1-2.1 電磁波對人體生理的影響與變化

人體本身即存在電流，許多生理、神經反應均是透過電流脈衝來傳遞訊號。人體生理受到外部電磁波的照射影響與變化，主要是受到個人體質、電磁波頻率、強度與接觸時間、方式有關。低頻電場可能影響人體組織表面的電荷分布，並可使電流在體內流動（電磁感應產生環路電流），而電流的大小與外部電磁場的強度與體內電流環路規模有關。當感應電流強度達到足夠大時，甚者可以對人體神經或肌肉產生刺激作用或破壞其循環機能。如果外界的電磁波干擾是短暫作用或能夠即時消除，人體組織內的微弱電流場就會自我修復並恢復平衡，對人體的健康影響極小。但如果外界的電磁波干擾是持續或反覆的影響人體，所產生的效果可能在人體自我修復機能作用前，造成相當程度的傷害並產生累積效果（例如疲勞、僵硬、酸痛等症狀）。時間一久恐怕會造成永久性的傷害或誘發病變。人體70%的成分是水所構成的，而更高強度的電磁波射頻，甚至可以穿透組織到達一定深度並轉化成分子動能，分子快速移動摩擦生熱導致升溫效果，此為射頻輻射的熱效應現象。例如日常生活中許多人利用微波爐加熱、烹飪食物即是利用此原理。而熱效應影響人體體溫升高，對人體生理機能的影響可能是產生心悸、顫動、心律不整、失眠、白血球降低、免疫機能下降等影響。通常人造電磁波環境的強度比能夠產生熱效應的射頻強度明顯低了許多，亦即科學上的不良健康效應並不明顯。即便如此，暴露在人造電磁波環境的生物效應仍可能對人體產生健康的危害，許多主張更嚴格的電磁波限制規範的研究者，提出主要的討論重點為長期的人造電磁波環境累積效應可能造成的健康風險，尤其對於部份環境體質敏感者（孕婦、兒童、老人或病患等），而電磁波產生的健康危害也多數是慢性損害，不可不提防注意。

### 1-2.2 電磁波污染的特徵與生態衝擊

電磁波污染雖然是一種新興的環境污染源，但是比起固體廢棄物、空氣污染、廢水污染、噪音污染等傳統污染源容易被人感知、察覺。電磁波污染既不佔空間，也不留痕跡，是一種看不見、聽不到，也摸不著的污染物，不容易被人們感知、

察覺。也因此電磁波污染非常容易被一般人所輕忽，或許必須直到對部份人產生不良健康影響時，才能察覺其存在。電磁波污染除了可能造成人體健康的負面影響外，也可能對生態環境產生衝擊。1970年代，四川電視台在著名景點峨嵋山上搭建電視發射台，訊號涵蓋面積可達1/3個四川省。但自80年代開始，峨嵋山山上的原始冷杉林開始枯萎死去，生態調查結果懷疑可能是與山上電視發射台強烈的電磁波污染相關，因此該電視發射台於2003年拆除，以確保峨嵋山的自然生態不受人造電磁環境的影響與衝擊。由這個案例顯示，電磁波污染的衝擊對象與範圍恐怕不僅止於人類而已，可能還包括與人類共存環境中的各種動、植物等自然生態，造成植物無法正常生長，甚至死亡，同樣也可能對家畜、野生動物產生不良影響。

### 1-2.3 電磁波污染的理性溝通與環境風險預防

隨著人體健康與公共衛生的課題逐漸受到重視，電磁波的環境風險開始受到世人普遍討論。風險評估包括了基本社會氛圍與個人價值觀或技術、體驗、科學證據產生的結果。由於電磁波污染的特徵是不容易見到，暴露程度與風險目前也不容易定量，現今電磁波污染的環境風險與溝通是容易受到少部份人士的挑戰（尤其是具有強烈利益者—如電信、電力業者）。即便現有的科學證據仍不能充分證明電磁波污染對人體的健康影響是高危險性的，但是當今社會一般大眾的氛圍仍然對於電磁波存在疑慮，建立良好且有效的交流管道是有必要的，其中提供科學數據是非常重要的——一件事。

風險預防措施的目的是在緩解恐慌的擴散，它既不是政治化（民粹化）的操作科學數據，也不是忽略風險的完全接受，而是當現今科學仍無法給予明確的答案時，適當提供一個佐證參考，當科學研究仍具有不確定性或任何疑慮時，它就應該繼續，儘管目前科學證據仍無法完全證明人造電磁波環境對人體健康產生的負面影響，但許多國家、地方政府或學術單位已提倡適當採取預防措施，透過適當的預防措施宣導，將可以有效預防或降低人造電磁波污染對人體的健康風險，本研究透過電磁波污染的科學評估，可以作為我國未來電磁波風險預防的重要基礎科學研究。

### 第三節 電磁波防護原理與技術

為了保障民眾健康安全，避免受到電磁波污染的影響，許多國家對於電子設備與環境電磁波防護訂立相關規範或標準，顯示對於電磁波污染及其防制措施的高度重視。電磁波防護主要目的是減少電磁波污染對於人類生活的影響，尤其是健康的危害。電磁波的防護技術包括了屏蔽防護技術、接地防護技術、吸收防護技術、距離防護技術與個人裝備防護等技術。

#### 1-3.1 屏蔽防護技術

屏蔽是防止電磁波污染的關鍵技術，也是最有效的方法之一。屏蔽的目的在於防止電磁場的影響，使其降低強度達到保護的效果。通常為利用導電或導磁材料，將電磁波限制在某空間範圍內，例如利用屏蔽材料包圍電磁波發射源，限制電磁波對周邊空間的影響。或利用屏蔽材料包圍空間，使其避免外界的電磁波的影響。一般金屬具有高導電性可作為屏蔽電場的材料，但若還需要屏蔽磁場，則需具備高導磁性，常見電磁屏蔽性能良好的高導磁率材料為矽鋼片、鎳鋼合金等物，常利用做為變壓器的材料。

#### 1-3.2 接地防護技術

以往對於建築物接地工程的要求是防止感電（保護人身安全）、防止出現高電壓（避免設備損壞）、作為電位參考點（使各電路信號不互相干擾，執行正常功能），保護建築物（避免雷擊受損）等主要目的。為了防止電磁波輻射干擾，將電器設備外殼或導線屏蔽層利用專門導體接地，給設備產生的高頻干擾電壓提供一個低電阻通路。可以減少或避免電磁波干擾，也可以防止設備因為電荷累積、電壓上升的火花放電現象。系統接地是控制電磁波干擾與提高系統穩定性的重要技術，接地的的好壞直接影響電磁屏蔽的效果，可抑制設備產生電磁波干擾源，使設備穩定運轉及避免設備損壞、保障人身安全。接地的效果與接地電阻值有關，一般而言，電器產品如果正確接地可以降低使用時所產生的電磁波污染。錯誤的接地可能會引入更嚴重的信號干擾或導致設備無法正常運轉。正確的接地的要求如下：

1. 為使感應電流迅速被導除，屏蔽體的接地系統表面積要夠大、導電性良好。



2. 為了確保接地系統有相當低的阻抗，接地電阻通常要小。
3. 與大地接觸面積大並具有良好的耐蝕性能。
4. 埋設接地極時要有足夠深度，以避免土壤水分蒸發而導致接地電阻的變化。

### 1-3.3 吸收防護技術

吸收防護技術是利用特定材料將電磁波吸收，以降低電磁波的干擾。一般而言，吸波材料對於高頻段的電磁波吸收效果較佳，一般多應用於微波設備的電磁波防護。吸波材料多由金屬粉（銅、鐵、鋁粉）、石磨、木炭、水等導電材加上基材組合而成，甚至可以搭配屏蔽材料構成較完整的電磁波防護設計。面對日趨惡化的居家電磁波環境，坊間有許多防護材料的開發，包括能吸收電磁波的油漆、塗料、水泥板與玻璃等。

### 1-3.4 距離防護技術

根據近場電磁波的強度與距離平方成反比的原理，電磁波的影響會因為距離的增加而快速降低。所以最簡單的電磁波防護對策就是利用空間加大、保持安全距離來衰減電磁波的影響。加大電磁輻射源與使用者之間的距離，可以縮減影響，這也是一般民眾對於電器使用所產生電磁波，最簡單有效的防護對策。例如使用耳機來遠離手機電磁波的影響，使用微波爐時保持安全距離，或利用自動化設備來減少工作人員直接進入高強度電磁波風險區域。

### 1-3.5 其他安全防護習慣

除了上述各種主要電磁波防護技術外，還可以採取以下措施減少電磁波的風險：

1. 避免電器設備擺放過於集中或同時使用，同時盡量將高電磁發散設備遠離自身常處之空間（如臥室等）
2. 避免長時間操作設備，如電腦、行動電話、平板電腦等。
3. 電器不使用時，盡可能關閉迴路電源開關（或拔除插座），因為某些電器即使未使用仍有一定待機電力消耗（會產生微弱電流與電磁波），長時間仍有電磁波累積的作用。
4. 高電磁波風險人員建議可以搭配適當的個人電磁波防護服裝或防護裝置等物品。

## 第四節 研究步驟與流程

本研究進行步驟區分為資料收集、研究執行及成果彙整等三大階段，研究內容與流程如圖1-1所示

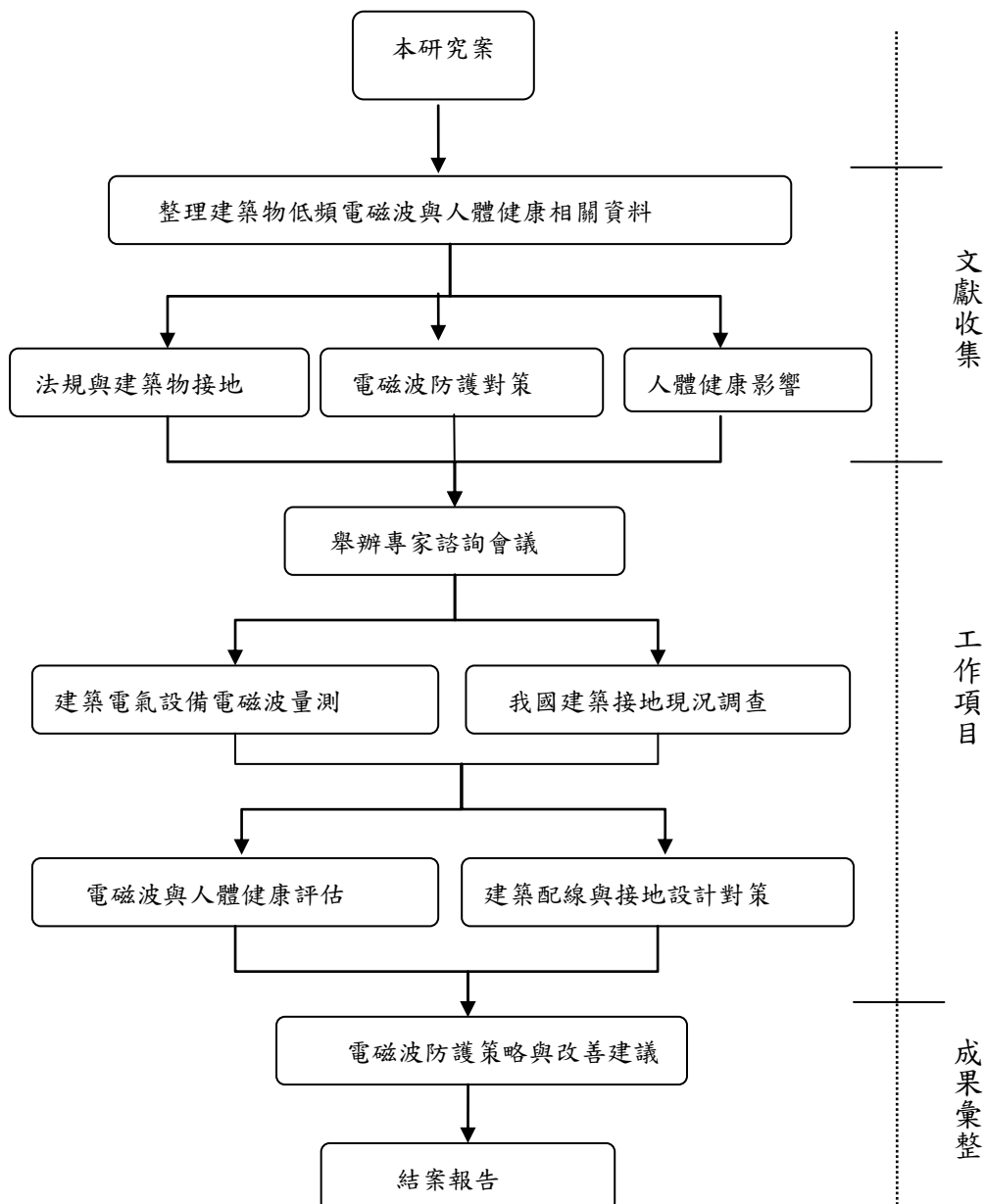


圖1-1 研究流程圖

資料來源：本研究整理

## 第五節 電磁波研究範圍說明

生活環境中的人造電磁波來源甚廣，其中最受民眾關心其電磁波對人體健康的影響風險，又以基地台與台電的高壓輸配電設施為甚。在台灣基地台之設置需經由國家通訊傳播委員會（NCC）從嚴審查，且基地台多位於建築物的外部環境（相較於未設置基地台的廣大建築物群體），建築物自身不一定會有基地台的設置，相關發生源等控制因子並不是每一棟建築物自身可以充分掌握與必須面對的問題，因此基地台等通訊設施產生高頻電磁波部份暫時不納入本研究進行的討論範圍中。然而電力設施與相關電氣設備則是每一棟建築物都會配置與使用的，因此相關的低頻電磁波風險是每一棟建築物與使用者都必須面對的。世界上的建築物電力輸送主要使用 50~60Hz 兩種頻率（有部份研究將此類電磁波定義為極低頻），其實人造低頻電磁波並不僅產生於電力輸送與電氣設備使用，少數潛艦使用的通訊器材亦會產生低頻電磁波(50~100Hz)，但此部份已超出建築物與相關設備的範圍，影響不大。

因為電力與相關電氣設備產生的電磁波是一般大眾平日可能直接且長期暴露的環境風險，因此本研究將電磁波的研究範圍設定於電力輸送與電氣設備主要使用 50~60Hz 的低頻（極低頻）頻率。利用電磁波頻譜分析儀可將建築物相關生活周遭中的電力設施與家電用品等帶有電流之類的物品，如變電室、高壓電輸送電纜、配電盤、變壓器與各種家電設備等進行電磁波量測與相關研究。



## 第二章 建築物與電磁波

### 第一節 現代建築的電磁波環境

#### 2-1.1 更多的設備、更高的風險

高度資訊化與電氣化的現代建築物，與人類生活息息相關的各種資訊設備、通訊器材、空調、烹飪、娛樂與監控設備相繼進入每個家庭。諸如包括了電視機、冷氣機、電扇、微波爐、電磁爐、個人電腦、電冰箱、洗衣機、洗碗機、電熱水器、電熱毯、咖啡機、吸塵器、組合音響、照明燈具、吹風機等等。雖然帶來莫大的便利、舒適或其他效益，但也可能在不知不覺中造成電磁波污染，間接可能傷害人體的健康。隨著設備量的增加或使用時間的拉長，這種健康風險與威脅可能越發明顯。在台灣家用電器使用時的電功率及電流量較大，但頻率較低(60Hz)，同時會感應產生磁場，一般大多利用磁場的強度(毫高斯(mG) 及微特斯拉( $\mu$ T)，1微特斯拉=10毫高斯)來反應電器電磁波的危害程度。

#### 2-1.2 智慧建築與資通訊設備

我國的智慧建築是希望在『綠建築』的基礎上，導入資訊及通訊 (ICT) 技術與應用科技，發展相關產業，創造更優質的生活環境。而今日的資通訊技術大量使用了無線射頻與相關設備。建築物在追求智慧化生活與科技緊密連結時，不知不覺可能潛在高電磁波發散的健康風險。追求『健康、節能、舒適、便利』的智慧化建築空間，是否會因為更多的資通訊設備的使用，而與智慧建築強調的『健康』本質而有所抵觸？

#### 2-1.3 如何避免電磁波風險

對於低頻電磁波，許多專家的建議是採『謹慎迴避』的原則來面對。所謂謹慎迴避原則是先要測定場域、找出電磁波來源並設法迴避(減少暴露風險)。讓建築物使用者儘量於電磁場設備正在使用時，減少自身的電磁波曝露，並增加和電磁波來源之間的安全距離，減少自身的電磁波曝露，這樣就能降低電磁波污染的健康風險。

#### 2-1.4 居家環境的電磁波預防措施

家用電器在正常使用情況下可以透過以下預防措施來降低電磁波的健康風險。

1. 選購高品質電器產品：電器產品通常有電磁安檢等規範，可選擇低電磁波的高品質電器廠商的產品。
2. 電器避免推疊或集中使用：避免把家用電器過於集中於一處並同時使用，將造成電磁波互相干擾，產生更難以控制的風險，同時器材推疊也容易導致散熱不良、產品運轉不穩定等缺點。另外不宜在臥室等長時間停留的空間安置過多的電器設備。
3. 保持安全距離：一般電器擺放只要保持離開人體1.5米以外，就能降低電磁波對人體的影響，各式充電器在使用時也應遠離人體。
4. 減少使用時間：使用電腦、觀看電視，建議每隔適當時間起身休息，避免連續使用。使用吹風機時，建議遠離頭部與避免長時間使用。此外盡量避免或減少使用電熱毯類等會與身體密切接觸的電器。
5. 避免在映像管螢幕後方停留：傳統映像管螢幕（CRT）電視或電腦顯示器，電磁輻射最強的地方往往是螢幕後方，盡量避免在該處停留，新式液晶螢幕則無此缺點。
6. 減少電器的待機狀況：電器設備在待機情況下，仍會消耗微弱電流產生電磁波，長時間仍有電磁波累積的作用。可利用關閉迴路電源開關（或拔除插座電源線）來減少待機時產生的電磁波。
7. 加強自我防護安全意識：養成保持距離、正確使用電器的好習慣，搭配定期檢查家中電磁場域，找出主要電磁波污染源並加以防範。

## 第二節 各國低頻電磁波的規範值

### 2-2.1 制定規範值的目的

世界衛生組織(WHO)自1996起進行國際電磁場計畫，主要工作內容除了健康風險評估外，並包括建立國際電磁場暴露限制標準資料庫，以及提出電磁場暴露限制建議。根據世界衛生組織WHO第322號文件中指出，短期暴露於高強度電磁場造成之健康危害已經科學證實（ICNIRP, 2003），為保護勞工與一般大眾，建議各國應採行相關電磁波暴露值的規範。另外也有許多研究機構探討極低頻磁

波長期效應對健康的可能危害與風險，其中包括兒童癌症、成人癌症、憂鬱、自殺、心血管功能異常、生殖障礙、發展異常、免疫功能變化、神經行為效應以及神經發展疾病等等。雖然目前研究的階段都還不能證實長期效應對身體的所造成的絕對負面影響。不過經過長時間的研究及審慎的評估後，世界衛生組織WHO仍然鼓勵針對電磁波暴露的長期效應訂出暴露建議值。以電力供電頻率50赫茲時為1000(mG)；而電力供電頻率為60赫茲時，以833(mG)作為建議暴露值。而國際非游離輻射防護委員會(ICNIRP)於1998年最早期制定的長期效應暴露建議值規範標準為1000mG，但2010年甚至已將建議暴露值放寬成2000mG。

而我國電磁波的主管機關衛福部考量我國之國情，人口居住密度偏高且相關非游離輻射發射源廣泛散布於民眾生活環境中，同時參酌世界衛生組織所提預防措施原則，故不調整我國非游離輻射曝露規範標準，仍為世界衛生組織WHO建議之833(mG)作為建議暴露規範值。相較於國外先進國家近年紛紛制定更嚴格的暴露規範值標準，國內相關主管機關實有必要進行更嚴謹的低頻電磁波研究與規範值修訂，來保護一般大眾及有機會暴露在高強度電磁場環境中的勞工。

### 2-2.2 各國低頻電磁波規範

目前國際上還沒有統一通用的電磁波防護標準，比較具有代表性的規範主要是國際非游離輻射防護委員會(ICNIRP)制定的規範標準，與歐盟委員會European Commission(EC)發布了關於制定一般公眾接觸電磁場(0 Hz至300 GHz)(1999/519/EC)的建議書。本研究整理了42個國家最新的低頻電磁波相關規範，歐洲國家大多參考歐盟的版本，其餘國家大都參考採用ICNIRP所制定的規範，少部分國家則參考規範後自定其自己的規範，個別討論如下。

#### 1. 德國：

(1) 只適用於電力供應和鐵路設施，在最大負載下不得超過短期暴露值(一天工作時間的5%)和超標暴露值的兩倍以內，仍然不在預防措施考慮之列，應盡量減少。

(2) 在鄰近住宅區、醫院、學校、幼兒園、日間托兒所、廣場或類似機構附近，不建設新的高壓輸送電纜線路與設備(> 220 kV, 50 Hz)。

#### 2. 芬蘭：

盡可能地降低住宅區附近的電場和磁場。

#### 3. 法國：

僅適用於新設的或改建的建築物。

4. 盧森堡：

(1) 對於 65 千伏的電力線至少距離 20 公尺。

(2) 100 千伏以上的電力線至少距離 30 公尺。

5. 保加利亞：

沒有規範電場與磁場的暴露極限值，只規定電力線於住宅區的距離取決於各自的電壓。

6. 英國：

(1) 對於高壓電線路，適用  $9 \text{ kV/m}$  (電場) 和  $3600 \text{ (mG)}$  (磁場) 的暴露值。

(2) 預防民眾受到電擊，接近住宅區的暴露值為  $5 \text{ kV/m}$ 。

7. 西班牙：

沒有規範電場與磁場的暴露極限值，只禁止在住宅區、學校和公共場所附近裝設新的高壓輸送電纜線路與設備。

8. 比利時：

只規範室內生活區  $100 \text{ (mG)}$  及睡眠區  $2 \text{ (mG)}$ 。

9. 丹麥：

(1) 公共場所測量到的磁場：年平均值不應超過  $4 \text{ (mG)}$ 。

(2) 幼兒園或新建築物附近不能設置高壓輸送電纜線路與設備。

10. 義大利：

(1) 新增設的廣場，公寓，學校和每天停留 4 小時或以上的地區限制  $100 \text{ (mG)}$ 。

(2) 新設立或計劃設立的電力設施需低於  $30 \text{ (mG)}$ 。

(3) 除了上述的三個區域外其他  $2 \text{ (mG)}$ 。

11. 列支敦士登：

(1) 每年最多不超過五天暴露標準值  $10 \text{ (mG)}$ 。

(2) 系統性設施和周期性設施都不允許超標  $10 \text{ (mG)}$ 。

(3) 電磁波敏感區域必須公告聲明。

(4) 新設施或翻新設施也必須符合標準值。

12. 立陶宛：

(1) 單位：電場  $0.5 \text{ (kV/m)}$  則磁場  $100 \text{ (mG)}$ 。

(2) 單位：電場 1 千伏 ( $\text{kV/m}$ ) 則磁場  $200 \text{ (mG)}$ 。



13. 荷蘭：

根據電力線的用電量30%年平均値，居家室內不得超過4(mG)。
14. 波蘭：

有關新設施距離電力線的規定只針對於公寓和電磁波敏感區域。
15. 瑞典：
  - (1) 現有設施的磁場須符合歐盟委員會建議暴露值的0.1%。
  - (2) 若差異很大，則必須以合理的成本和責任在規劃或新增設施前減少暴露值。
16. 瑞士：

2000年2月1日以後建成的設施需低於磁場 10(mG)暴露值。
17. 斯洛維尼亞：

在公寓、學校、幼稚園、醫院、養院、遊樂場、公園、娛樂場所、公共建築和遊覽場所附近的新設施和改建設施都需符合。
18. 日本：

日本的電壓是100V，頻率有兩種，東日本的頻率是50Hz；在包括名古屋、京都和大阪在內的西日本的頻率是60Hz，不過都使用相同磁場規範。
19. 美國：

根據美國最新電磁波研究報告制定，居家室內不得超過1(mG)。。
20. 中國大陸及香港：

參考ICNIRP及IEEE C95.1的規範制定。

表2-1 各國低頻電磁波規範值

國家	電場 (v/m)	磁場 (mG)	備註	國家	電場 (v/m)	磁場 (mG)	備註
德國	5000	1000	#1	奧地利	5000	1000	#2
芬蘭	5000	1000	#1	葡萄牙	5000	1000	#2
法國	5000	1000	#1	羅馬尼亞	5000	1000	#2
盧森堡	5000	1000	#1	斯洛伐克	5000	1000	#2
保加利亞	*	*	#1	捷克	5000	1000	#2
英國	9000 5000	3600	#1	匈牙利	5000	1000	#2
西班牙	無	無	#1	塞浦路斯	5000	1000	#2
比利時	無	100/2	#1	俄羅斯	5000	1000	#2
丹麥	無	4	#1	日本	3000	2000	#2
義大利	無	100/ 30/ 2	#1	韓國	5000	1000	#2
列支敦士登	無	10	#1	新加坡	5000	1000	#2
立陶宛	500 1000	100 200	#1	馬來西亞	5000	1000	#2
荷蘭	5000	1000/4	#2	台灣	4160	833	#2
波蘭	1000	750	#2	泰國	5000	1000	#2
瑞典	5000	10	#2	加拿大	4160	833	#2
瑞士	無	10	#2	澳洲	5000	1000	#2
斯洛維尼亞	500	100	#2	紐西蘭	5000	1000	#2
愛沙尼亞	5000	1000	#2	美國	1000	1	#2
希臘	5000	1000	#2	中國大陸	4000	1000	#3
愛爾蘭	5000	1000	#2	香港	4000	1000	#3
馬耳他	5000	1000	#2	印度	5000	1000	#2
#1：參考歐盟委員會(EC)建議暴露值 #2：參考國際非游離防護組織(ICNIRP)建議暴露值 #3：參考 ICNIRP 及 IEEE C95.1 的規範制定的							

資料來源：本研究整理

### 第三節 健康住宅的電磁波

#### 2-3.1 生機建築理論與健康住宅

在 1987 至 1992 年間，由德國學者、醫生與建築專家共同發展出生機建築理論（Building Biology），針對睡眠環境、生活空間、工作或其他相關環境中對人體健康有潛在危險的因素做出健康住宅的相關標準 BAUBIOLOGIE MAES - Standard of Baubiologie Methods of Testing (SBM)。此標準包含三大部分：A. 電場、微波、輻射。B. 環境有毒物質、毒素和室內氣候。C. 微生物、細菌、過敏原。其中 B 與 C 的評估內容，部分早已成為台灣民眾普遍認知的健康住宅條件並有評估方法與基準。而此標準關於電場、微波與輻射的評估，則是台灣目前相關健康住宅評估中較為缺乏的部分，此部分相當值得借鏡參考。生機建築理論關於電磁波的防護可分為外部來源與內部來源，德國健康住宅協會的電磁波防護提供的參考規範如下：

1. IBE 204.3 Electromagnetics
2. IBE 206.2 Electrical Home Wiring
3. IBE 212 Electromagnetic Radiation

#### A. 外部來源電磁波：

外部來源電磁波無處不在，凡如電波發射塔，基地台，電力變壓站/傳輸塔，智慧電錶，行動通訊和智慧手機。（該研究顯示行動通訊的智慧手機是特別具威脅性的，因為無論手機是放置待機中還是進行使用時都會有電磁波的產生）。上述電磁波來源都是不會發熱的，它們不會產生熱量，因此不會提供預警，也不提供大多數人可以認識到它們在生物和代謝中造成傷害的生理現象。由於沒有規範安全的人體接觸限值，所以就缺乏專門的設備進行評估其暴露程度。此外電力與通訊公司也堅持認為，他們的產品和基地發射台的電磁輻射量在政府規範之內（但它們當然只是指熱輻射的限制）。從人造裝置發出的電磁波有三種形式：靜電和磁場，交流電和交流磁場以及射頻輻射。它們對人體健康造成的潛在風險根據現場，場強，電壓，電流，電荷，接地，頻率，波長和功率密度而有所不同。有許多的科學研究發現了電磁波在細胞生長上對人類（以及植物和動物）的不利

影響的證據，這些研究結果說明它們可能降低了細胞保衛自身的能力，並破壞了細胞產生健康的自然能力新細胞。例如當手機靠近身體或隨身攜帶時，可能導致無效的精子細胞和不可穿透的卵子的產生。幸運的是市面上有些方法與電磁波防護用品可以減輕個人健康風險，而不犧牲現代科技帶來的便利性，而且其中許多方法是免費的且容易融入日常生活習慣。

#### B. 內部來源電磁波：

電磁波不能被看見、聞到或觸摸，所以大多數人對此並不太了解。但越來越多的人受到廣佈在住宅或商業建築中大量滲透的電磁輻射影響，包括過敏、慢性疲勞、神經系統疾病（如自閉症、失眠）、自體免疫系統疾病、癌症和阿茲海默氏症等潛在健康威脅。建築物的內部電磁波來源包括人造或大自然，包括了以下的種類：

1. 交流電源來源：電氣設備，電纜，電器，出口，牆壁，地板，床，高壓電等電力線路的交流電壓...
2. 交流磁場來源：電氣設備，電纜，電器，變壓器，電機，架空和地面電纜，電力線，鐵路的交流電流...
3. 無線電輻射來源：手機、射頻發射機，廣播、無線電系統，有線電視系統，雷達、衛星電話...
4. 直流電源來源：合成地毯，窗簾和紡織品，PVC地板與壁紙，清漆，層壓合板，絨毛玩具，電視或電腦螢幕...
5. DC磁場來源：床，床墊，家具，電器，建築材料中的鋼構件；直流電流電動車，太陽能光電系統
6. 放射性材料來源：建築材料，石頭，瓷磚，爐渣，廢物，設備，古董，地面輻射，位置，環境...
7. 地質災害來源：地球的電流和放射性；斷層，斷裂，地下水道引起的局部擾動...
8. 聲音和振動來源：交通噪聲，空中交通，火車交通，工業，建築物，設備，機器，電機，變壓器...

由於近年媒體的報導與研究結果呈現，有關於建築物內部電磁波暴露的問題已引起社會大眾一定程度的關注。某些對電磁波敏感的人早知道有問題而必須預

防外，也讓我們其他人能從環境電磁波敏感者的經驗中學習，引導追求健康居住環境的社會大眾能夠採取適當的預防行動：

1. 當你回家後，關掉你的行動電話，把你的行動電話轉接到你的有線電話上。
2. 使用有線電話，不使用時拔下電話線（電源），特別是在就寢前。
3. 在不使用時關閉無線網路路由器（WiFi），尤其是在睡覺之前。最好使用有線乙太網電纜線連接到您的電腦設備與對外網路，並禁用您的WiFi信號與裝置。
4. 在床和所有電氣設備之間保持至少六英尺以上的距離。
5. 睡前或休息時，關閉為您臥室提供的獨立電源斷路器。

### 2-3.2 睡眠區需要更重視電磁波風險

德國健康住宅協會對於睡眠區的環境安全更為重視，因為人在睡床處停留的時間遠比任何地點還多，而且依據其理論人體在睡眠時有自我修復的功能，也能夠調整與大自然間的平衡狀態。然而若是臥室出現外部來源的電氣（天花板，牆壁和地板中的電氣佈線），比人體自己的電氣系統強大數千倍。長期暴露於這些高水平的電磁場可能會損害身體內部溝通的能力並影響健康。因此該協會在睡眠區的規劃是盡量遠離電器用品（建議6英尺以上），甚至電器插座的安排都遠離臥床，還建議安排獨立電源迴路開關，可以關閉整個臥床區的電力輸送。以上種種電磁波防護設計目的只為了提供更高品質的睡眠空間，以避免電磁波的環境污染。該協會建議以5個簡單的步驟來創造一個適合睡眠的場所：

1. 在睡床附近使用電池供電的時鐘：根據相關研究顯示，睡眠時暴露於高磁場可能導致嚴重的慢性疾病。許多電時鐘與放置於床頭當鬧鐘使用的行動電話，會產生較高磁場，並不建議使用。
2. 關閉臥室的電路：健康的的身體免疫系統需要安靜的睡眠與休息。環境電場會影響你的生物通訊機能，讓你失眠。
3. 消除、最小化或屏蔽射頻RF：來自行動電話、手機和無線設備的射頻（RF）信號已被證明可能干擾身體的免疫系統。
4. 使用沒有金屬的床：金屬框架和金屬彈簧可以放大和扭曲地球的自然磁場，這可能導致無效率的睡眠，建議使用天然材料製成的床。

5. 確保沒有磁場升高：電器和建築物室內配線的磁場可以穿透牆壁進入臥室，破壞人體的通訊系統。

SBM其中關於睡眠區之環境電磁波測量方法與標準是由德國Institut für Baubiologie und Ökologie Neubeuern, (IBN) 協會協助制訂。德國健康住宅的電磁波屏蔽評估是基於風險預防原則而制訂，特別是為了睡眠區所遭受的長期風險盡可能的最小化，創造免於暴露在健康風險下的室內生活環境，其關於環境低頻電磁場的評估其交流電磁場。建築物的低頻電磁場主要來源為電器設備、電纜、儀器、變壓器、馬達、插座、高壓電與其他電源線所產生的交流電壓。SBM標準將低頻電磁波的電磁場標準分級如下表2-2所示：睡眠區的低頻電磁波標準建議不得超過1(mG)，而0.2(mG)以下則為安全與低風險。

表 2-2 SBM 標準電磁場標準分級

睡眠區低頻電磁波規範SBM-2008	安全	輕微	嚴重	極嚴重
電磁場強度 mG	< 0.2	0.2-1	1-5	> 5

資料來源：本研究整理

## 第四節 電磁波與建築接地

### 2-4.1 建築物接地

建築物接地工程的要求是防止感電（保護人身安全）、防止出現高電壓（避免設備損壞）、作為電位參考點（電壓基準），保護建築物（避免雷擊受損）等主要目的。近年來新型態智慧型建築物隨著各種電子、通訊設備的增加，為了避免訊號干擾與確保系統與設備的穩定運轉，接地工程變成更為重要。一般建築物的電氣設備為了使用安全，電工法規規範需施做電源插座的接地工程。但早期台灣建築物習慣使用 2P 無接地端子電源插座，因此台灣大部分的老舊建築物的各種電器設備並無法進行正確且有效的接地。而且由於室內配線法規寬鬆與未落實安全檢查，許多老舊建築物大都未依政府頒布之『屋內線路裝置規則』進行配線。工程實務上常見配線顏色錯誤、線徑不足、極性錯接、假接地等配線缺失。雖然插座上外觀並無異狀，一般使用上也沒問題，但實際上卻隱藏許多用電風險。特別是當電器設備老舊時，常喪失正常的接地保護功能並發生漏電意外事故造成人員傷亡或設備損壞。



圖 2-1 良好的建築物接地設計可有效降低低頻電磁波





圖 2-2 正確的接地工程施工後需進行電阻量測，以確保功效

#### 2-4.2 建築物接地與電磁波

歐洲環境醫學會針對人體健康與疾病預防的研究顯示，良好的建築佈線與設備接地可降低低頻電磁波對人體健康的影響。由家電設備的電磁波量測經驗顯示，電器設備若有進行正確接地時，其產生的電磁波輻射將會大幅減少，有利於保護人體減少電磁波污染的健康影響。因此如何落實我國新建建築物的接地工程設計與查驗，是未來一項極為重要的低頻電磁波防制對策。

為了進行台灣建築物接地現況調查，本研究將選定 10 棟左右的新、舊建築物來進行插座接地的功能性量測，體檢我國既有建築物的接地功能。量測的建築物類型包括辦公、低層住宅與集合住宅等各類型，廣泛包括常見的建築型態，其中針對智慧型大樓可能具有的高設備量與電磁波風險，也預計從通過智慧建築標章的建築中選定樣本進行調查。



## 第三章 建築物電磁波量測

國際上已經有許多機構提出有關電磁波量測方法的建議與準則，這些機構包括電機電子工程師協會(Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)、國際非游離輻射防護委員會(International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP)、美國輻射防護委員會(National Committee on Radiological Protection, NCRP)以及台灣環境保護署等均提出有關電磁波量測方法的建議與規範。本章針對低頻電磁波的量測進行相關研究，基本量測方法以原則性的問題進行規範及討論，並選取實際建築物案例進行低頻電磁波量測。

### 第一節 低頻電磁波測量

電場量測儀器須符合 IEEE Std 644 標準，具單一方向之電場感測，並以類比或數位輸出均方根值之自由導體型儀表 (Free-body meter)。磁場量測儀器：具可同時量測磁通量密度向量於三個正交軸向之分量及其合成值之三軸式等向性感測器，並以類比或數位方式顯示均方根值量測功能之感測器。

#### 3-1.1 發生源的特性

辨識發生源所發生的頻率、形成之基本波 (fundamental content) 或諧波 (harmonic content)、電磁場強度是連續的恆定波 (CW) 或脈衝波 (pulsed waves)。

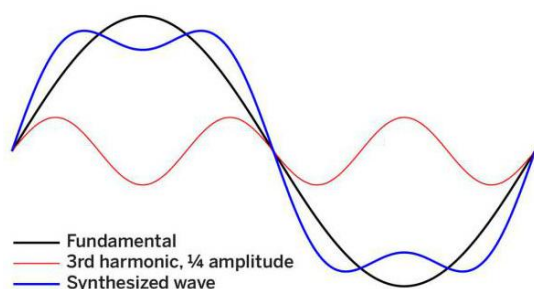


圖3-1 基本波、諧波

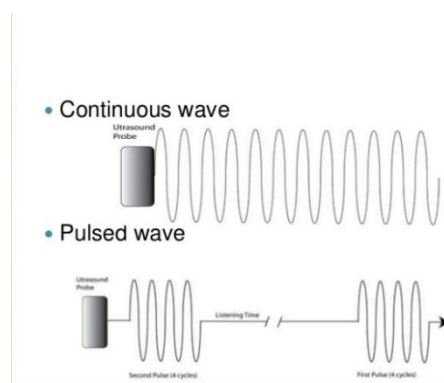


圖3-2 連續波、脈衝波

### 3-1.2 測量時間

對於頻率在 15 GHz 以下的電磁波，IEEE 建議採樣的時間為 6 分鐘。我國環保署量測方法中規定，每一空間量測點之最小取樣間隔應大於儀表所需之穩定時間。但以不超過 10 秒鐘為原則。IEEE 也指出當測量低頻電磁場，測量區域會受到人體產生共振干擾時，可能需延長測量時間至 30 分鐘，以平衡電磁場強度不穩定的現象。此外在執行實際測量時，測量時間必須能夠涵蓋最大的暴露強度情形。以職業性量測為例，若發生源的暴露強度是恆定的且暴露人員與發生源相對位置是固定時，則測量可不必涵蓋整個工作天，反之，測量則需涵蓋整個工作天（包含間歇性暴露及人員工作性質活動為移動性，而非固定性）。

### 3-1.3 測量距離

IEEE 規範測量距離應是距發生源 20 公分處，事實上 20 公分所代表的是人（或機器設備操作者平常與機器設備間的一般距離），但 IEEE 規範中同時也表示：20 公分是一個建議的規範數值（guide），在進行實際測量時，測量距離的選擇應加入測量物件實際運作的條件作為參考，主要的目的還是要能夠取得代表人在環境中暴露的測量數值。為求決定適切的距離，在許多規範中都提及測量必須在操作者離開儀器的情況下進行，理由有以下三種：

1. 如果在操作者操作機器時進行量測，則採樣點（或距離）便可能要接近或遠離發生源，如此便無法取得最能代表操作者暴露的測量點。
2. 由操作者身體所反射出的能量可能增加或干擾到發生源的實際強度值。
3. 數學模式能利用不受干擾的環境值計算全人體的特定吸收率（SAR）但無法利用受干擾數值進行計算。

### 3-1.4 測量干擾

有關於可能干擾電磁波量測數據準確率的因子有以下三個：

1. 環境溫度與濕度會影響測量儀器精確度，必要時依量測的溫度與濕度對儀器讀值做適當的修正。
2. 地形、地物對量測可行性與準確性可能造成影響。
3. 地面上的植物披覆會影響電場的強度；其影響程度是其水分含量與距離感測器的距離而定。

## 第二節 低頻頻譜分析儀介紹

### 3-2.1 儀器規格介紹

本研究計畫使用的低頻電磁波量測儀器為 SPECTRAN® NF-3020，這台是德國 AARONIA 廠牌所製造的掌上型低頻電磁波頻譜分析儀，這台儀器能針對不同的頻段作掃描，將所得到的量測數據直接在電腦中讀取，並提供多樣化的功能，使電磁波量測變得相當易於操作。

表 3-1 SPECTRAN® NF-3020 規格


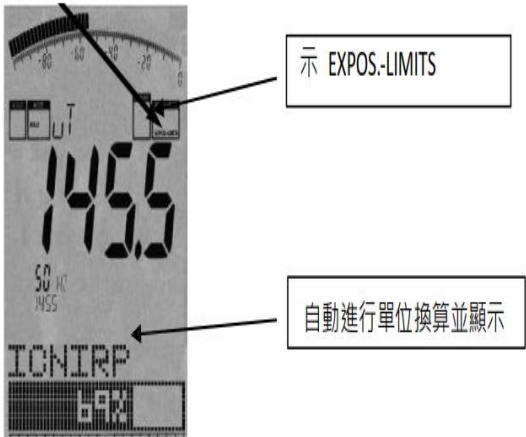

	SPECTRAN® NF-3020
頻率範圍 Frequency rang	10Hz to 400KHz
磁場(特斯拉)Magnetic field (Tesla)	1pT to 100µT (typ.)
磁場(高斯)Magnetic field (Gauss)	10nG to 1G (typ.)
電場 Electric field	1V/m to 5.000V/m (typ.)
類比輸入 Analog Input	2µV to 200mV (typ.)
分析頻寬 Resolution (RBW)	1Hz to 100kHz
單位 Units	V, V/m, T, G, A/m
探測器 Detectors	RMS
調節器 Demodulator	AM
輸入 Input	High impedance SMA input (f)
音源 Audio	Internal speaker with volume
準確率 Accuracy	5% (typ.)
輸出介面 Interface	USB 2.0/1.1
大小 Dimensions (L/W/D)	250x86x27 mm

### 3-2.2 操作模式介紹

本研究計畫使用之 SPECTRAN® NF-3020 頻譜分析儀，他具有以下三種不同的操作模式：

1. SPECTRUM analysis (頻譜分析模式)：圖形顯示信號水準及頻率，此模式下可以進行移動式測量，找出空間裡最大信號量的暴露值，能快速地得到空間裡最大的信號源位置。
2. EXPOSURE LIMIT (規範值顯示模式)：特定暴露限值百分比，就像在頻譜模式下標記顯示出了最強頻率和對應的信號強度一樣，最大信號強度顯示在大字體的主顯示區域並顯示出來。在這些計算中已經考慮了電纜和天線資料，能自動轉換成正確的分數單位。然而在圖形顯示下方，最強的信號將顯示為暴露限值的百分比：由於各個不同應用領域和專業研究有各種完全不同的暴露限值和建議，SPECTRAN 可提供整個範圍的不同建議值。
3. AUDIO output (音訊輸出模式)：解調信號發聲，此模式只在某一信號頻率(中心頻率)上進行調整。因此可以選擇有限的頻率範圍，並可以隨時切換不同的操作模式。這種解調可將脈衝信號和信號調製轉換成音調、信號的頻率準確度、聲音再現的選擇性對識別和發現信號來源。這是非常適合於快速定位信號來源。

表 3-2 頻譜分析儀操作模式

<p>(1)、SPECTRUM analysis ( 頻譜分析模式)：</p>	
<p>(2)、EXPOSURE LIMIT ( 規範值顯示模式)：</p>	
<p>(3)、AUDIO output ( 音訊輸出模式)：</p>	

### 3-2.3 頻譜儀分析原理

頻譜分析儀採用頻率掃描方式工作。濾波器將天線上接收到的信號源與本振產生信號混頻，當混頻頻率等於中頻時，這個信號可以通過中頻放大器，被放大後，再由檢波器進行峰值檢波。檢波後信號被視頻放大器進行放大，然後顯示出來。由於本振電路振盪頻率隨著時間變化，因此頻譜分析儀在不同時間接收頻率是不同。當本振震盪器頻率隨著時間進行掃描時，螢幕上就顯示出了被測信號在不同頻率上幅度，將不同頻率上信號幅度記錄下來，就得到了被測信號頻譜。

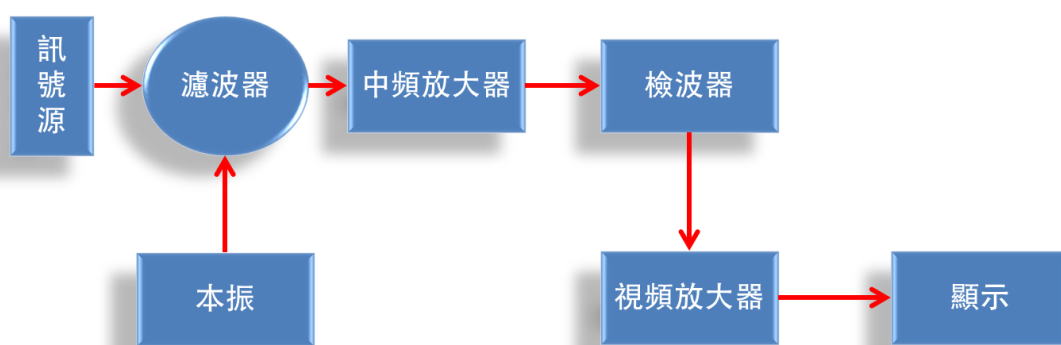


圖 3-3 頻譜儀分析原理

### 3-2.4 頻譜分析儀使用方法

頻譜分析儀的量測原理是接收信號後利用本振器做信號的混頻，如果儀器再測量前沒有先做好設定，會因為設定範圍不在掃描的頻寬裡面，造成量測不準確。要獲得正確的測量結果，就必須正確地操作頻譜分析儀，而正確使用頻譜分析儀關鍵是正確設置頻譜分析儀各個參數，下面解釋頻譜分析儀中主要參數意義和設置方法。

1. 掃描時間：儀器接收信號從掃描頻率範圍最低端掃描到最高端所使用時間叫做掃描時間。掃描時間與掃描頻率範圍是互相匹配。如果掃描時間過短，測量到信號幅度會比實際信號幅度要小。
2. 頻率掃描範圍：規定了頻譜分析儀掃描頻率上限和下限。通過調整掃描頻率範圍，可以對感興趣頻率進行細緻觀察。掃描頻率範圍越寬，則掃描一遍所需要時間越長，頻譜上各點測量精度越低，因此，在可能情況下，儘量使用較小頻率範圍，可以通過設置掃描開始和終止頻率來確定。

### 第三節 電器設備電磁波測量方法

對於磁場特性、量測距離與量測時間等因素的考慮，本次研究案規劃測量方法是依據我國環保署於 104 年 7 月 8 日公告的『環境中及低頻電場與磁場檢測方法』來進行，針對各種家用電器的磁場特性各有不同，操作者使用上接受到的電磁場的相對位置也不同，因此測量的考量也有所不同。

#### 3-3.1 量測時間的考量

從參考資料發現，家用電器設備所產生的電磁場強度隨時間的變化可以分為以下三種情形：

1. 具有規律週期性的，例如微波爐。
2. 不規律變化的，例如電視、無線網路、無線通訊。
3. 恆定性的連續波，如電磁爐、吹風機、液晶顯示器、桌上型電腦主機與筆記型電腦。

在執行實際測量時，因考慮測量時間必須能夠涵蓋最大的暴露強度情形（即是所謂的 worse-case exposure），因此，對於具有規律週期性變化，與不規律變化之家用電器設備的每一個測量點，均測量 1 分鐘並計算 1 分鐘時量平均值(time weighted average, TWA)；對於產生恆定性的連續波 (CW)，測量時間則未限定於 1 分鐘，而是以達到穩定時之數值為測量值。

#### 3-4.2 量測距離的考量

IEEE 規範測量建議，在進行實際測量時，測量距離的選擇應加入測量者專業的判斷 (professional judgment)，主要的目的還是要能夠取得人在環境中暴露的代表性測量數值。此外，為避免操作者的干擾，本研究亦採取操作者離開測量儀器一定距離進行測量。考量人在使用各種家電設備時可能於環境中遭逢的暴露情形，本計畫針對各種家電設備擬具不同的空間採樣點。採樣點的選擇主要是以受測家電為中心，在其四周按水平及垂直距離選定採樣點。本研究規劃之測量



距離分別以 30 公分、60 公分、100 公分為量測基準。

### 3-4.3 測量高度的考量

測量點距離地面或地板高度以 1 公尺為原則，最高不超過 2 公尺，此為一般人在生活空間的活動高度（坐姿或立姿）。

### 3-4.4 居家電器設備實測方式

本次研究案測量規劃實測方式如下：

1. 測量時間以 1 分鐘為量測時間，數據採樣率以 100ms/次作為基準。
2. 測量距離以 30 公分、60 公分、100 公分為基準，30 公分距離的選擇主要是以人體可能最接近電器的距離來選擇，60 公分的距離是以手臂可以碰觸電器的距離為基準，而 100 公分則是 IEEE 所建議距離電器最遠且最接近背景值的極限距離而定出。
3. 儀器的測量高度為 100cm（人體坐姿最可能的影響高度），待測物的測量水平基準面為 70cm 高，量測儀器的架設如圖 3-4 所示。

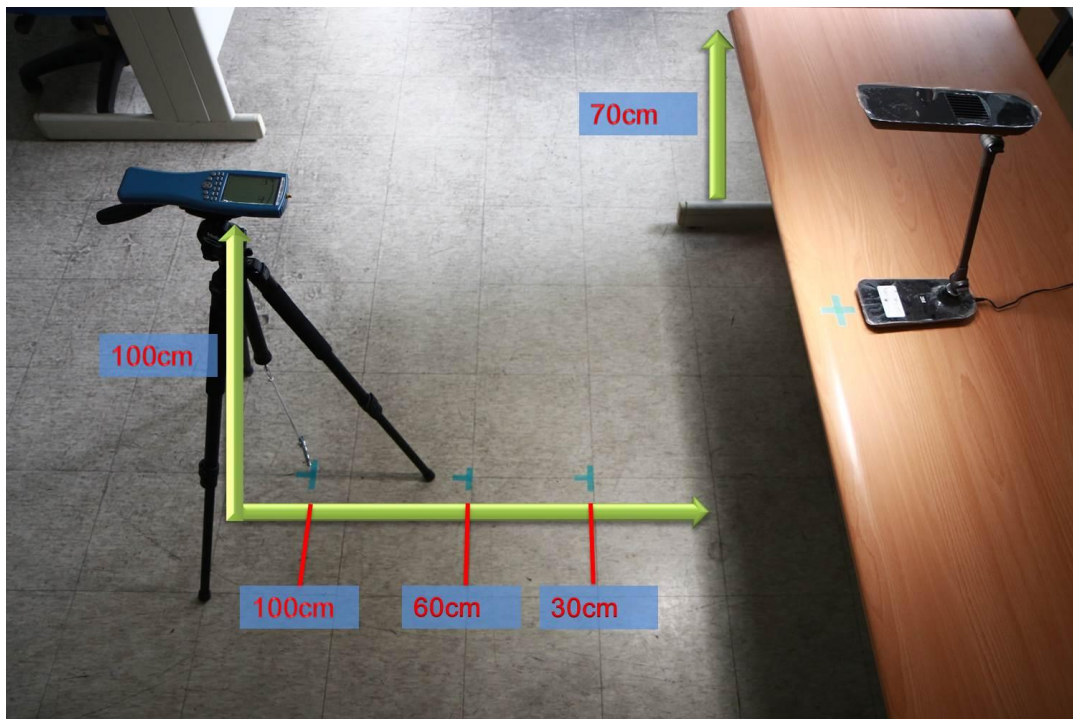


圖3-4 儀器架設示意圖



## 第四節 家用電器電磁波測量結果

### 3-4.1 居家電器設備測量數據

本研究針對居家常用電器設備初步進行環境電場與磁場的量測評估，實驗場地為學校的研究室空間，電器使用電源為 110V，插座為 2 孔插座（未接地狀態），其評估結果如表 3-3 所示：

表3-3 常見家用電器設備量測結果

電器	電場平均值(v/m)			磁場平均值(mG)		
	30cm	60cm	100cm	30cm	60cm	100cm
背景值	44.812			0.350		
LDE檯燈	43.9971	44.5163	44.3525	0.3662	0.3621	0.3775
傳統燈泡檯燈	43.2218	43.6115	43.9943	0.3475	0.4042	0.3817
除濕機	21.9412	43.2411	43.9085	0.7179	0.4321	0.3974
電鍋	43.1092	44.2410	44.4132	0.8236	0.4856	0.4073
電鍋 (保溫狀態)	19.7521	44.3006	44.2329	0.3902	0.3776	0.3740
熱水瓶	30.4842	45.0170	44.8326	0.6012	0.4107	0.3709
熱水瓶 (保溫狀態)	44.3118	43.9675	44.4819	0.3714	0.3833	0.3813
烤箱	44.0520	44.5460	44.2849	3.3630	0.7821	0.4440
暖風機(大)	41.0514	44.5516	44.4298	0.6366	0.4554	0.3995
暖風機(小)	44.9857	44.1209	44.7405	9.3905	2.3979	0.8138
電視	46.211	36.688	36.362	0.408	0.356	0.353
吹風機	36.726	37.315	36.598	0.61	0.37	0.356

資料來源：本研究整理

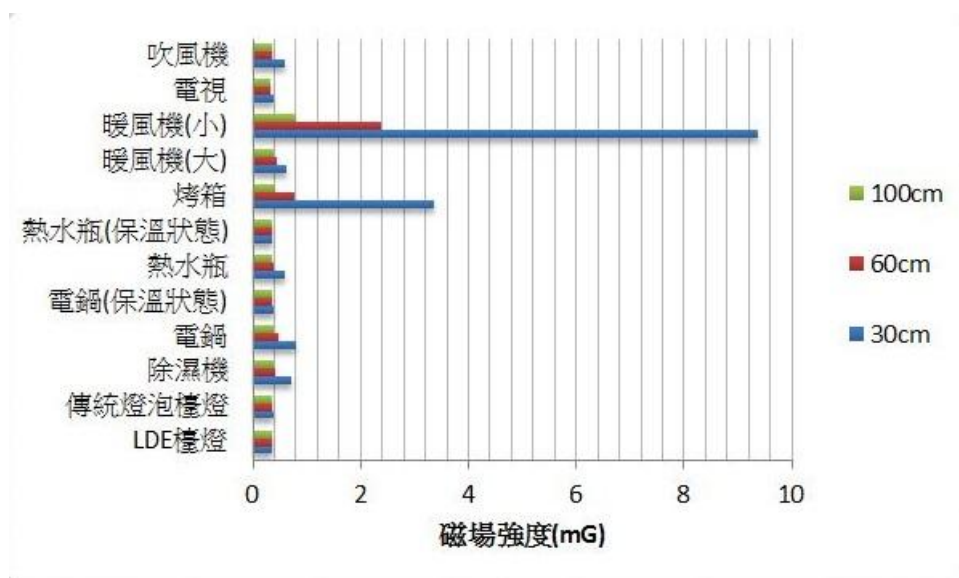


圖3-5 家用電器設備磁場量測橫條圖

資料來源：本研究整理

### 3-4.2 居家電器設備測量數據討論

茲將各項居家電器設備測量結果分項討論如下：

#### 1. 傳統燈泡檯燈(60W)及 LED 檯燈(12W)：

一般家庭都會有使用檯燈的機會，不管是書房看書用的檯燈或是客廳角落裝飾的立燈或是臥室裡面的床頭燈。本研究這次針對了兩種不同光源的檯燈做測量，一是傳統的 60W 燈泡檯燈；另一個是市面上主流的 LED 檯燈 12W，相較下 30 公分距離的磁場比較中，LED 檯燈磁場最大值 0.72 mG，磁場平均值 0.366 mG；而傳統燈泡檯燈磁場最大值 0.65 mG，磁場平均值 0.347 mG，看出來傳統燈泡在平均值低於 LED 檯燈 0.02，在低頻電磁波長期效應影響的考量上，平均值是越低越好，而在德國 SBM 訂立的睡眠區標準下來看，這兩款檯燈都不適合放置床頭附近。

#### 2. 除濕機(142W)：

除濕機在台灣這類濕度較高的國家裡是不可缺少的家電，除濕機在居家環境中扮演著維持舒適度與與健康的重要腳色。在台灣冬天及梅雨季來臨時家中的濕氣都特別高，尤其是北部的地區濕氣更是嚴重，所以除濕機連續運轉是必要的，在本次測量中發現，在 30 公分距離下的磁場最高 1.383mG，平均值 0.718mG，

而最遠 100 公分距離的磁場量測到最大值是 0.731mG，平均值是 0.397mG，在居家環境中除濕機長時間運轉下，固定散射的磁場來看，是不適合放置於臥室離床太近的距離。

### 3. 電鍋(800W)：

本次測量電鍋的條件區分炊煮狀態的量測與保溫狀態的量測兩種，炊煮狀態下，在 30 公分距離下最大的磁場是 1.62mG，平均值 0.824mG，在距離最遠 100 公分距離量測的最大值是 0.715mG，平均值 0.407mG；保溫狀態下，在 30 公分距離下最大的磁場是 0.668mG，平均值 0.390mG，在距離最遠 100 公分距離量測的平均值 0.374mG，數據中可以看出來，在炊煮過程中磁場是最大的，在炊煮狀態中距離 100 公分及保溫狀態下 30 公分距離磁場值是相當接近的，數據說明了炊煮中應盡量遠離電鍋，保溫狀態下磁場幾乎降至背景值。

### 4. 電熱水瓶(985W)：

本次測量電熱水瓶的條件與電鍋相同，區分煮水狀態的量測與保溫狀態的量測兩種，煮水狀態下，在 30 公分距離下最大的磁場是 1.176mG，平均值 0.601mG，在距離最遠 100 公分距離量測的最大值是 0.706mG，平均值 0.371mG；保溫狀態下，在 30 公分距離下最大的磁場是 0.692mG，平均值 0.371mG，在距離最遠 100 公分距離量測的平均值 0.381mG，數據結果可以看出來跟電鍋是相同的，在煮水過程中磁場是最大的，保溫狀態下的電熱水瓶所產生的電磁波與背景值相差不遠。

### 5. 烤箱(650W)：

家中廚房除了微波爐外最耗電的就是烤箱了，本次測量中未納入微波爐的原因是，微波爐的發生源頻率在 2.45GHz，是屬於高頻電磁波的範圍，所以不納入測量。電烤箱在 30 公分距離下的磁場最高 6.472mG，平均值 3.363mG，而最遠 100 公分距離的磁場量測到最大值是 0.781mG，平均值是 0.444mG，烤箱是屬於電能轉熱能的電器，所以使用上都是以最大功率啟用，近距離所產生的電磁波值不小，消費者在使用上必須多注意，保持適當安全距離。

### 6. 暖風機(大 1300W)與暖風機(小 630W)：

本研究這次針對了兩種不同瓦數的暖風機做測量，相較下 30 公分距離的磁場比較中，暖風機(大)磁場最大值 1.198 mG，磁場平均值 0.637 mG，而暖風機(小)

磁場最大值已經來到驚人的 18.018 mG，磁場平均值也有 9.391 mG；而距離 100 公分下，暖風機(大)磁場最大值 0.739，磁場平均值 0.400mG，而暖風機(小)磁場最大值 1.574 mG，磁場平均值 0.814mG，這兩台功率不同、大小不同的暖風機量測出來的結果也大不同，較小功率的暖風機竟然電磁波的發射量更高。在未量測前的觀念裡，功率越大，耗電量就越大，照理來說磁場也是最大的，量測後才發現，並不是看功率或額定電流大小就能分辨電器產品的磁場的大小，機器本身的設計可能也會有影響。暖風機在結構上也是電能轉熱能，再由馬達驅動風扇將熱風吹出來，由於暖風機影響環境溫度會隨距離衰減，一般人在使用上也是偏向近距離使用。但由本次測量數據的觀察結果，暖風機具有偏高的磁場量，建議在使用的距離一定要高於 1 公尺以上。

#### 7. 液晶電視機(210W)：

在本次測量中發現，42 吋液晶電視機在 30 公分距離下的磁場最高 0.695mG，平均值 0.408mG，而最遠 100 公分距離的磁場量測到最大值是 0.700mG，平均值是 0.353mG。本次量測並未將舊式的映像管電視機納入，因為傳統映像管電視機在台灣很多家庭都已經淘汰了，量測結果沒有太多參考的價值，所以暫不納入量測。在英國國家輻射防護局(NRPB)公佈的家電設備量測數據裡，傳統使用映像管的電視機在距離 100 公分量測到的最大磁場 1.4mG，平均值 0.85mG，相比之下液晶電視比映像管電視的 100 公分距離最大磁場值要少 50%，平均值也少了 40%左右。過去的傳統映像管電視機耗電又笨重，解析度規格也不如現在的平板電視機，且磁場污染也相較的高，所以已經遭到淘汰。不過若以德國健康住宅規範的建議，在家臥室空間還是不建議放置任何電視機產品，不管是傳統映像管電視或是新式平板液晶電視。

#### 8. 吹風機：

在本次測量中，吹風機在 30 公分距離下的磁場最高 1.53mG，平均值 0.605mG，而最遠 100 公分距離的磁場量測到最大值是 0.662mG，平均值是 0.0752mG，在居家環境裡面，吹風機也是不可或缺的家電之一，而且，吹風機的使用上是距離人體最近的電器之一，在最大功率運轉下，最大的磁場量有 1.53mG，這麼近的距離接受相對高的磁場影響，對人體影響可能會提高風險，在使用上也不容輕忽。

## 第五節 建築物空間測量方法

對於磁場特性、量測距離與量測時間等因素的考慮，本次研究案規劃測量方法是依據我國環保署於 104 年 7 月 8 日公告的『環境中及低頻電場與磁場檢測方法』來進行，針對各種空間的磁場特各有性不同，操作者可能使用上接受到的電磁場的相對位置也各有不同，因此測量的考量也有所不同。

### 3-5.1 量測時間的考量

每個測點的測量時間為 3 分鐘，取樣率為 50ms/次，主要以使用者經常活動的空間作為量測空間，在不常使用的空間裡，本次測量就不做採樣。

### 3-5.2 量測高度的考量

測量高度的考量依據國內環保署的檢測方法 1~2 公尺為界線，本次測量以人站姿的高度平均值 150cm 與坐姿高度的平均值 100cm 相加除於 2 的方式求得 125cm，以 125cm 為量測儀器距離地面或樓板高度為基準。

### 3-5.3 量測干擾考量

主要可能干擾儀器讀值正確率的因子有以下兩點：

1. 環境溫度與濕度會影響測量儀器精確度，必要時依量測的溫度與濕度對儀器讀值做適當的修正。
2. 地形地物對量測可行性與準確性可能造成影響。

### 3-5.4 佈點方式

空間測量的佈點方式，以空間的長與寬計算其面積，以方格圖等分方式劃分，在縱向與橫向的交會點設置測量點，測點與測點的前後左右距離以不超過 2 公尺，不低於 1 公尺的範圍做微調，如圖 3-6 所示。

在空間裡設備密度比較高的電器附近也可設置一個測量點，以 30cm~60cm 的

距離做考量來增加測點，在空間平面上的測點盡量能達到最真實反映空間裡的低頻電磁波的影響大小與範圍。

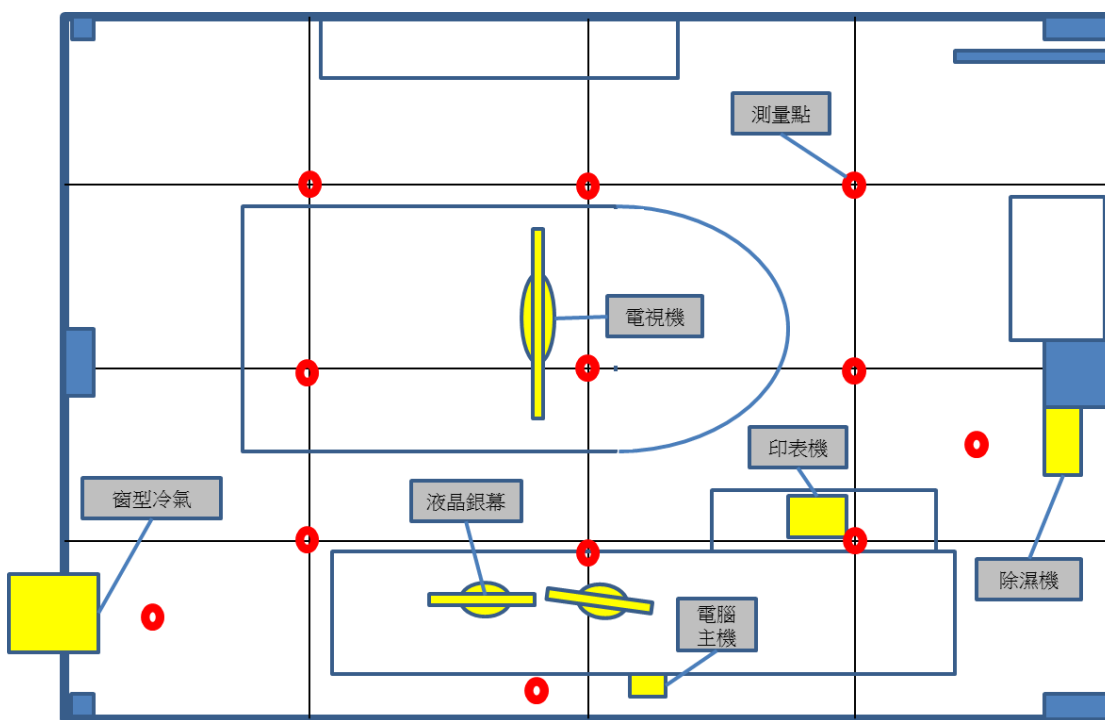


圖 3-6 空間低頻電磁波量測布點方式

資料來源：本研究整理

### 3-5.5 空間平均值計算方式

針對一個發生源的測量過程中會牽涉到許多不同測量點所產生的數值，因此如何利用這些數值來表示或代表此發生源的電場或磁場數值的問題。由於測量數值可能與距發生源的水平距離或垂直距離有關，而若是有測量外洩，則電磁場在空間中各測量點所得到的數據變異性可能會更大。而解決測量數據變異的方法有二：

其一是取量測最大值來評估該空間的電磁場發生源是否有過度的暴露，而可能影響附近的測點，然而這種僅選定所有測量值中最大數值來評估是否有過度暴露的做法並無法代表一個人在環境中的實際暴露情形。例如單一數值便無法用以代表人暴露的環境電磁波標準相比較；此外僅取眾多測量點中的一點也意味將浪費了其他的測量數據。

另一方法的發展則是為了彌補僅擷取最大值所造成問題，該方法則是求得垂

直空間點的平均值，本次測量的測點都先以簡易型低頻電磁波先做事先測量的參考，在整個空間平面裡先走一遍測量的點，在有用電量較高的機器如印表機、影印機、電視機等地方多注意其暴露值，有必要時則必須額外多增設測點來求得更精準的量測結果（圖 3-7、表 3-5）。

表3-4 單一空間量測結果

測點	磁場平均值(mG)
1	0.01
2	0.50
3	0.60
4	0.01
5	0.01
6	0.36
7	0.95
8	0.34
9	0.36
10	0.36
11	0.32
12	0.37
平均值	0.35

資料來源：本研究整理

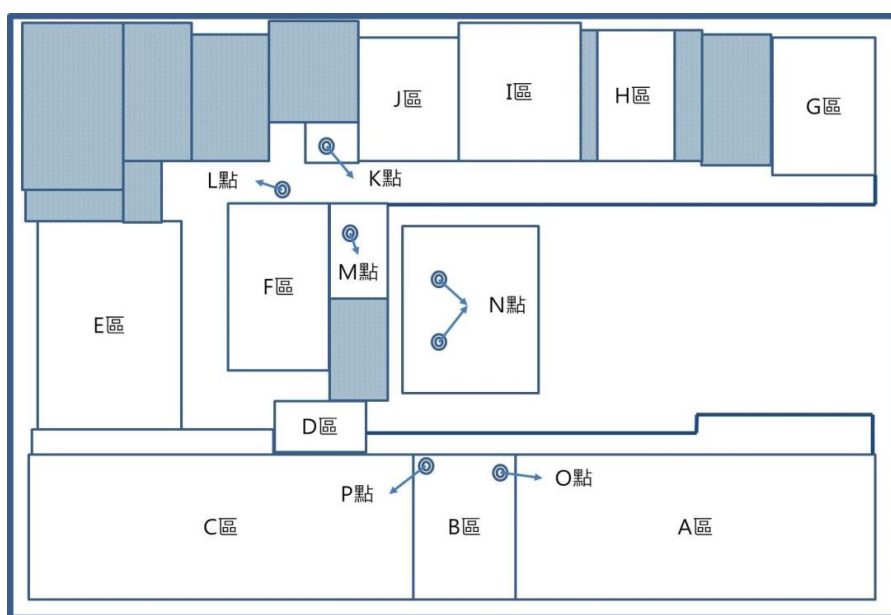


圖3-7 增設測點示意圖

資料來源：本研究整理

表3-5 複雜空間與增設測點空間量測結果

	A 區	B 區	C 區	D 區	E 區	F 區	G 區	H 區	I 區	J 區
點 1	<b>1.91</b>	0.44	<b>1.91</b>	0.50	0.12	0.14	0.22	0.66	0.19	0.25
點 2	0.35	0.38	0.55	0.56	0.09	0.13	0.19	<b>3.45</b>	0.25	0.31
點 3	0.28	<b>5.42</b>	0.50		0.13	0.18	0.19	<b>1.24</b>		
點 4	0.37	<b>1.91</b>	<b>2.26</b>		0.14	0.28				
點 5	0.35	0.84	0.71		0.29	0.15				
點 6	0.36	0.49	0.95		0.32	0.21				
點 7	0.35		<b>2.36</b>		0.30					
點 8	0.43		0.83		0.54					
點 9	0.33		0.75		0.42					
點 10	0.36		<b>2.67</b>							
點 11	0.41		0.68							
點 12	<b>1.12</b>		<b>1.02</b>							
點 13	<b>1.12</b>		0.70							
點 14	0.32		0.58							
平均值	0.58	<b>1.58</b>	<b>1.18</b>	0.53	0.26	0.18	0.20	<b>1.79</b>	0.22	0.28
增設測點	K 點	L 點	M 點	N 點	O 點	P 點				
	0.38	<b>1.25</b>	<b>2.36</b>	<b>2.64</b> <b>2.50</b>	<b>12.69</b>	<b>4.65</b>				

表格裡標註粗體的是量測結果大於德國健康住宅 SBM 規範的室內 1 mG 暴露值。

資料來源：本研究整理



## 第六節 建築物接地電阻測量方法

接地不良不但會造成不必要的停工，增加設備故障的風險，而且還非常危險，如果沒有有效的接地系統，就會受到電擊的威脅。以往對接地系統的要求是配合防止感電、防止突波高壓電、保護建築物等為主要目的。但最近隨著各種電子設備的增加，家庭電器數量也跟著增加下，各種電磁干擾、雷擊破壞、意外發生等事故也時常出現在我們周遭環境，所以需要更有效的保護措施。良好的接地不僅是為了人身用電安全，而且還可用於預防電子、電器設備的損壞，提高設備運轉的可靠性，也降低了電擊或意外電流造成損壞的可能性。良好的接地系統建立不只帶來環境安全，更可進一步的保障生命財產。國際上許多組織提供相關接地安全領域的建議和標準規範：

OSHA (美國職業安全與健康局)

NFPA (美國消防協會)

ANSI/ISA (美國國家標準學會/美國儀器學會)

TIA (美國電信產業協會)

IEC (國際電工協會)

CENELEC (歐洲電子技術標準協會)

IEEE (電機電子工程師協會)

### 3-6.1 建築物接地電阻

建築物即使已將接地電阻打入大地，但是如果無法確認其接地電阻值的大小，還不能說是已達到安全的目的。美國國家電氣規範(NEC)把接地定義為：無論是人為還是意外形成的電路或設備與大地之間的導電連接，或者與作為地面的導體之間的連接。當我們談到接地時，它表示兩種不同的概念：

1. 大地接地是一種人為的連接，將電路的導體(通常是水線或中性線)連接到大地上的接地電極。

2. 設備的接地是為了保證建築物內運行設備妥當的接地。

除了為防止閃電形成的電弧引起的電勢差，而必須在兩個系統之間建立連接外，這兩種接地系統必需保持適當隔離。接地的目的除了保護人員、建築物和設備的安全以外，還要作為故障電流、閃電、靜電放電、電磁干擾以及雜訊信號提供適當的耗散管道。

根據國際標準化組織(International Electrotechnical Commission, IEC)對住宅的接地，可分成以下幾類：TT 系統、IT 系統、TN-S 系統、TN-C 系統、TN-C-S 系統，國內習慣使用的是 TT 系統，但問題是接地系統的保護與漏電斷路器的使用並不確實。

針對國內住宅所慣用的接地系統作介紹；TT 系統的方式是指將電氣設備的金屬外殼直接接地的保護系統，稱為保護接地系統。第一個符號 T 表示電力系統中性點直接接地；第二個符號 T 表示負載設備外露不與帶電體相接的金屬導電部分與大地直接連接，而與系統如何接地無關。在 TT 系統中負載的所有接地均稱為保護接地，如圖 3-8 所示。

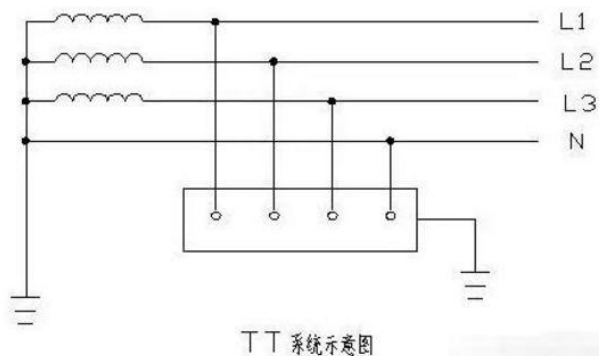


圖3-8 TT接地系統

### 3-6.2 測量原理

本研究所使用 Fluke 1623 接地電阻測試儀或其他測試儀測量的原理大致相同，需要供給試驗電流及電壓，電流、電壓流經被測接地電極時，回傳到儀器上由電流表與電壓表量測接地電極的電壓降電流，經由計算後顯示其接地電阻的歐姆值。

## 第七節 接地電阻儀器介紹

## 3-7.1 接地電阻 Fluke 1623 儀器規格



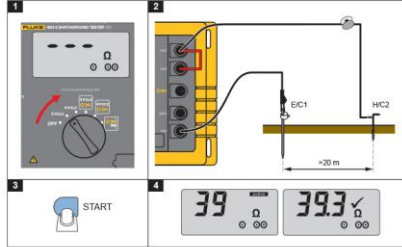
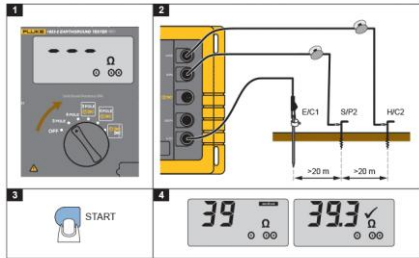
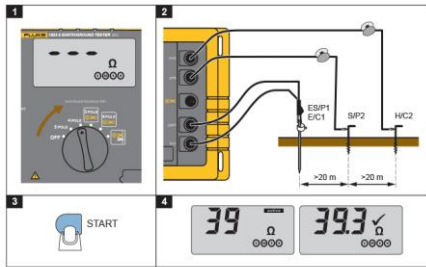
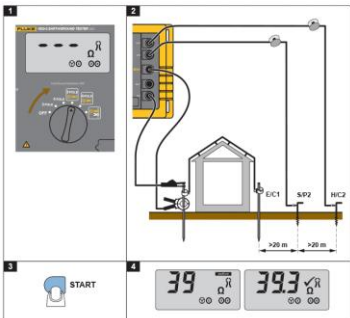
圖3-9 Fluke 1623 接地電阻測試儀

表3-6 Fluke 1623 接地電阻規格

顯示	1999讀數顯示，螢光背光
尺寸	133m x 187mm x 250mm
主要功能	測試接地電阻、土壤電阻氣測試
工作溫度	-10度~50度
安全等級	CAT II，300V
測量電壓	48V AC
短路電流	50 mA
測量頻率	128Hz
解析度	0.001 $\Omega$ ~ 10 $\Omega$
測量量程	0.001 $\Omega$ ~ 19.99 k $\Omega$
基本誤差	$\pm 2\%$ 讀數 + 3 位元
工作誤差	$\pm 5\%$ 讀數 + 3 位元
測量方法	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 3極和4極接地電阻測量</li> <li>2. 2極法測量交流電阻</li> <li>3. 選擇法測試，無須段開接地連接(1支電流鉤)</li> <li>4. 無輔助極法，快速測試接地環路(2支電流鉤)</li> </ol>

### 3-7.2 接地電阻儀使用方法

表3-7 Fluke 1623 接地電阻儀使用方法

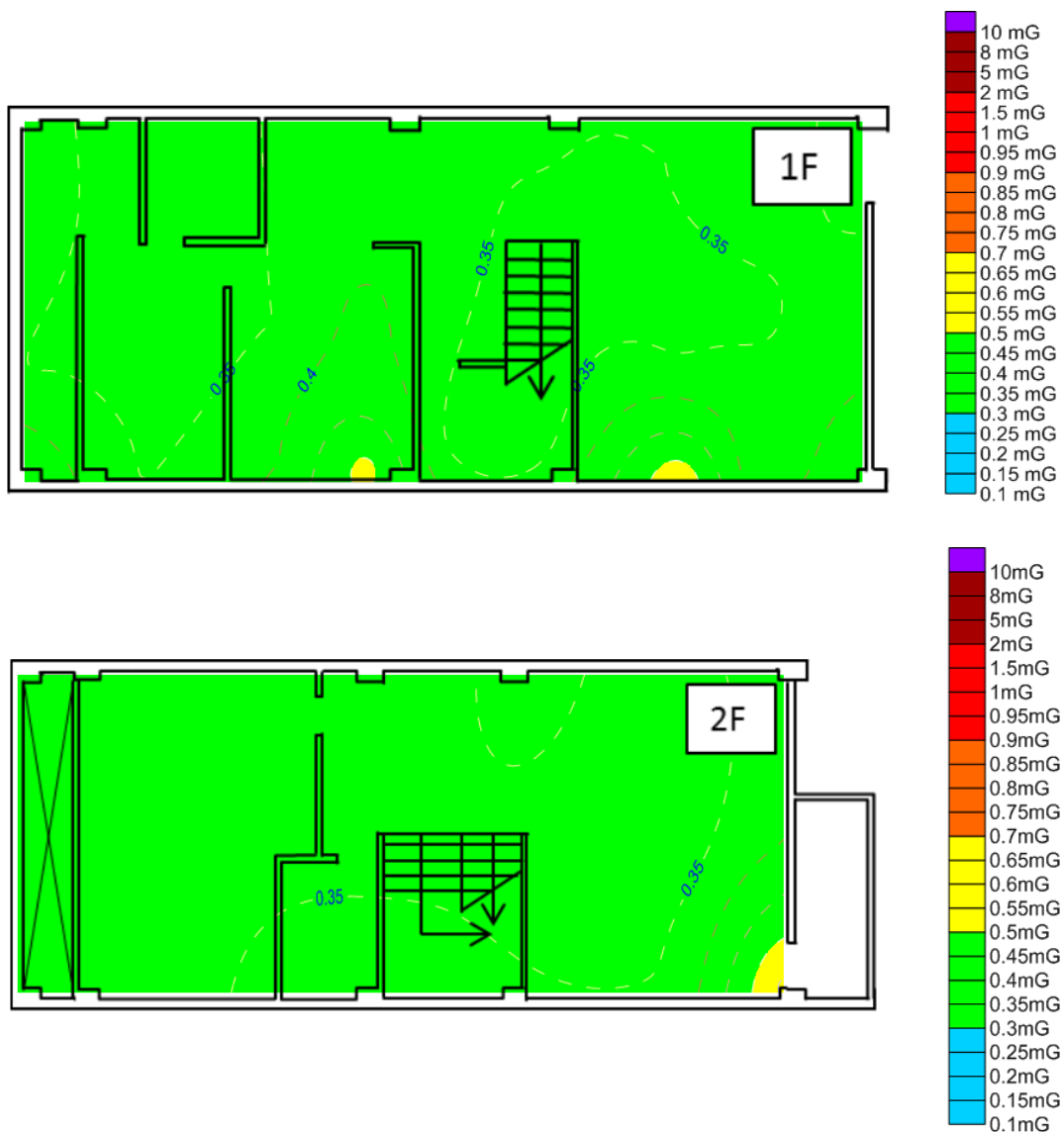
<p style="text-align: center;"><b>二極測量</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>三極接地測量設置</b></p> 
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 要進行二極(三極)和固定接地測量，使用連接電纜連接 H / C2 和 S / P2 端子間的跳線，用地電極和輔助接地電極。</li> <li>2. 接地電極 E / CD1 與輔助接地電極 H / C2 間的最小距離至少為 20 公尺以上。</li> </ol>	
<p style="text-align: center;"><b>4極電阻測量</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>無棒迴路測試</b></p> 
<p>用兩根測試導線將 E / C1 和 ES / P1 端子連接至待測接地系統。待測接地電極 (E / C1)，電壓輔助電極 (S / P2) 和電流輔助電極 (H / C2) 間的最小距離應至少為 20 公尺。</p>	<p>將測試導線連接到 E / C1 端子，然後將其另一端接連接到被測接地系統。在接地處放置 2 輔助接地電極 E / C1，待測接地電極 S / P2 及輔助接地 H / C2 之間的最小距離不得小於 20 公尺。如圖所示使用 25 m 電線將接地棒連接到 H / C2 和 S / P2。使用轉接線將電流鉤連接。</p>

資料來源：本研究整理

## 第八節 空間電磁波測量結果

### 3-8.1 案例一空間量測結果

案例一位於台南市東區，為地上 5 層之獨棟透天住宅，屋齡已有 23 年，當時建造時沒有規劃一般電源插座接地的設置，仍使用傳統 2 孔式插座。



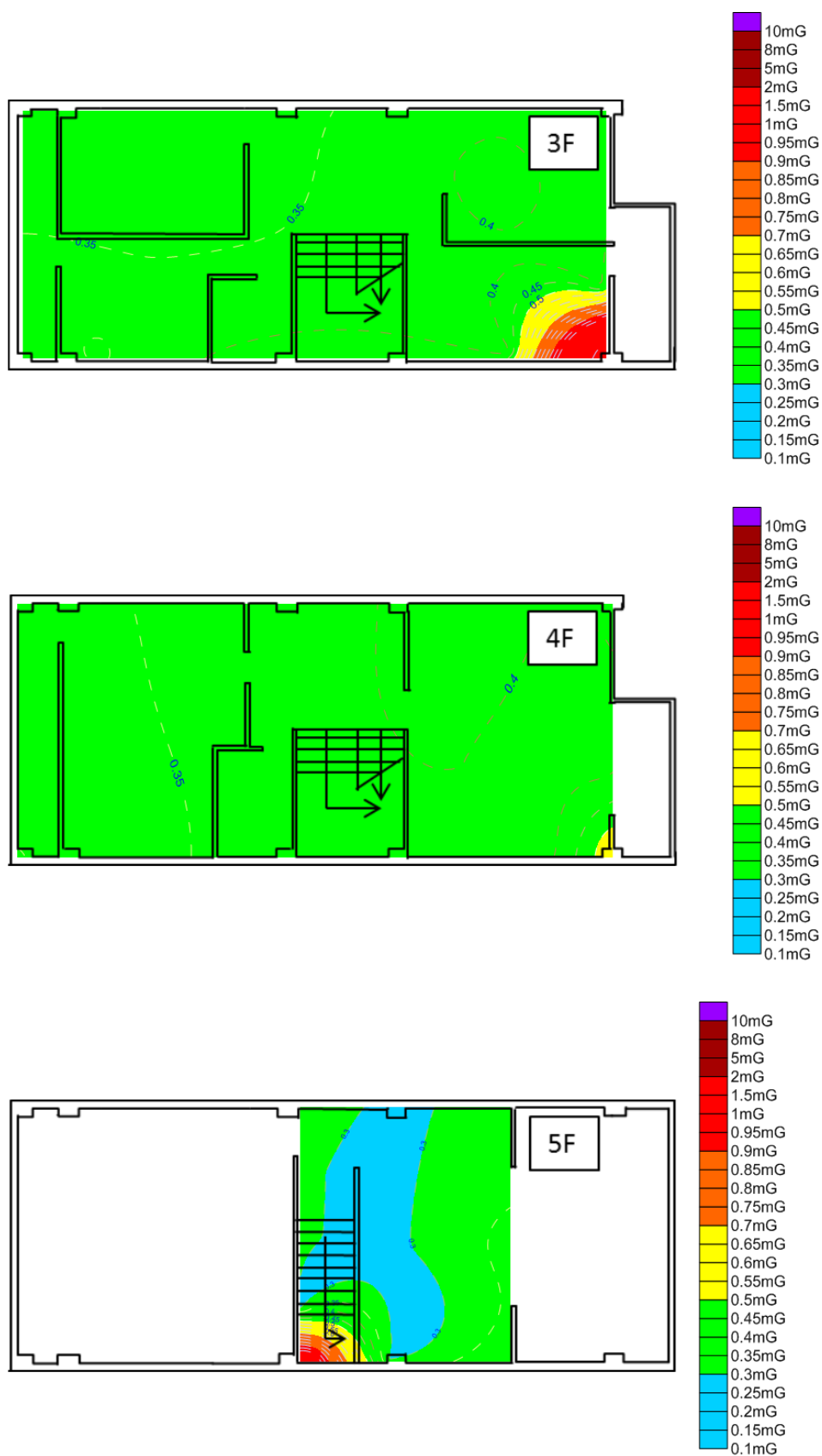


圖3-10 案例一電磁波測量平面圖

資料來源：本研究整理



在一樓的量測中有兩個電磁波熱點，一個是客廳；另一個是餐廳。客廳的量測點離電視機大約 30cm，且該位置的牆面上有設置電話總機設備，所量測到的電磁波強度有明顯較強；而餐廳的部分則是量測點距離電冰箱較近，所以該點位有較強的電磁波出現。在二樓的部分，平面圖右下角的地方有個熱點，那位置離二樓的總電源開關箱位置較近，所以有明顯的高點。在三樓的部分，在右下角的房間有個很強的電磁波熱點，在該量測點位有較多的電器設備，有電腦主機、電腦銀幕、印表機，而且總電源的位置也在電腦的後方，形成了比較高的電磁波強度。在四樓的部分，只有靠近總電源的地方才有比較高的電磁波強度，其他地方並沒有較高的電磁波出現。在五樓的部分，前陽台以及後陽台屬於室外空間，並沒有做量測，在量測的平面圖中的左下角位置是樓梯的挑空平台，這邊設置了一台儲熱式電熱水器，該點位測量到的電磁波強度明顯比較高，其他空間除了日光燈外就沒有其他電器設備。

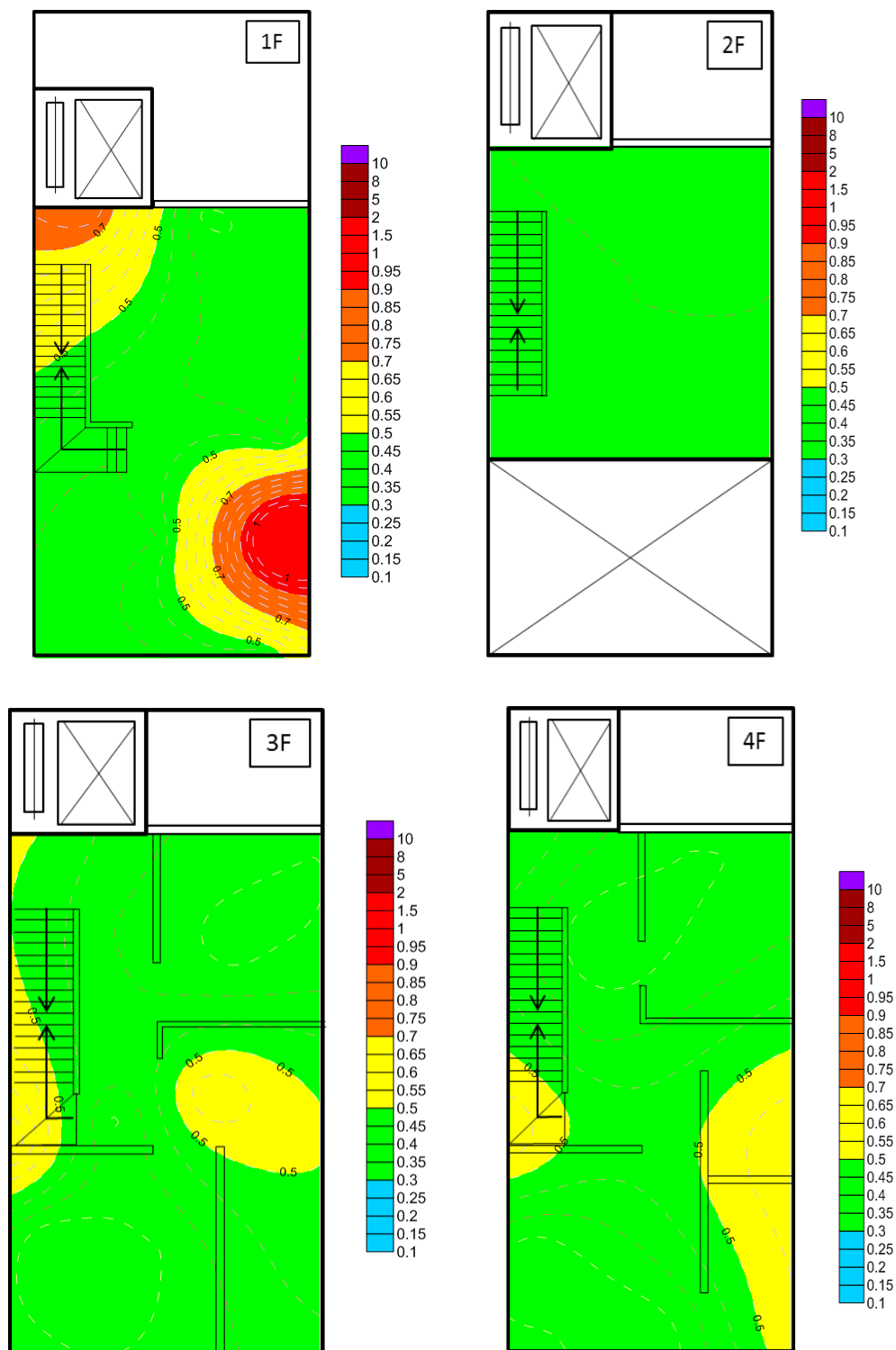


圖3-11 案例一住宅電磁波熱點照片

資料來源：本研究整理

### 3-8.2 案例二空間量測結果

案例二位在鶯歌市區的新建透天住宅屋齡不超過一年，為地上 6 層地下 1 層住宅，地下室為停車空間不做電磁波測量，建築物電源插座接地設置都相當完備（三孔式插座），利用專業電阻儀量測接地電阻值都在 1 歐姆以下，合乎標準。





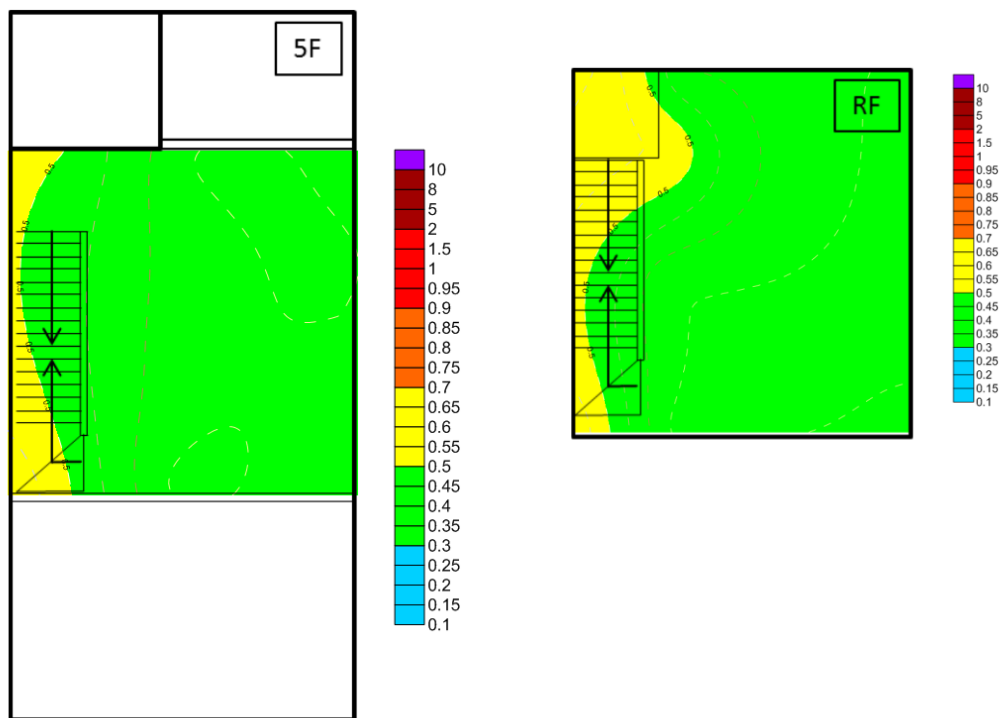


圖3-12 案例二電磁波測量平面圖

資料來源：本研究整理

在一樓平面圖右下角，靠近進門口的地方擺放一台跑步機，在跑步機啟動的狀態下，測到的電磁波有明顯的高點，而左上角是電梯的位置，在量測時電梯剛好停到一樓。二樓這層是一樓挑高的夾層平面，並沒有量測到相對高的電磁波影響。在樓梯上到三樓的地方，有明顯的電磁波影響，在該測點位置正好是三樓總電源開關的位置，所以有相對高的熱點；而平面圖右側位置擺設了一些電器，如檯燈、電風扇、浴室的抽風扇等，形成一個電磁波較強的區域。樓梯上到四樓是四樓總電源開關的位置，所以有相對高的熱點；而平面圖右側位置擺設了一些電器，如電風扇、浴室的抽風扇等，也是形成一個電磁波較強的區域。樓梯上到五樓是五樓總電源開關的位置，所以有相對高的熱點；而靠近電梯的地方正好是電梯機房位置，在這位置也有相對的電磁波熱點。樓梯上到頂樓是頂樓總電源開關的位置，所以有相對高的熱點；而在平面圖的左上角的位置是太陽能電力轉換的位置，測點在距離轉換器 50cm 量測時有明顯的高點。

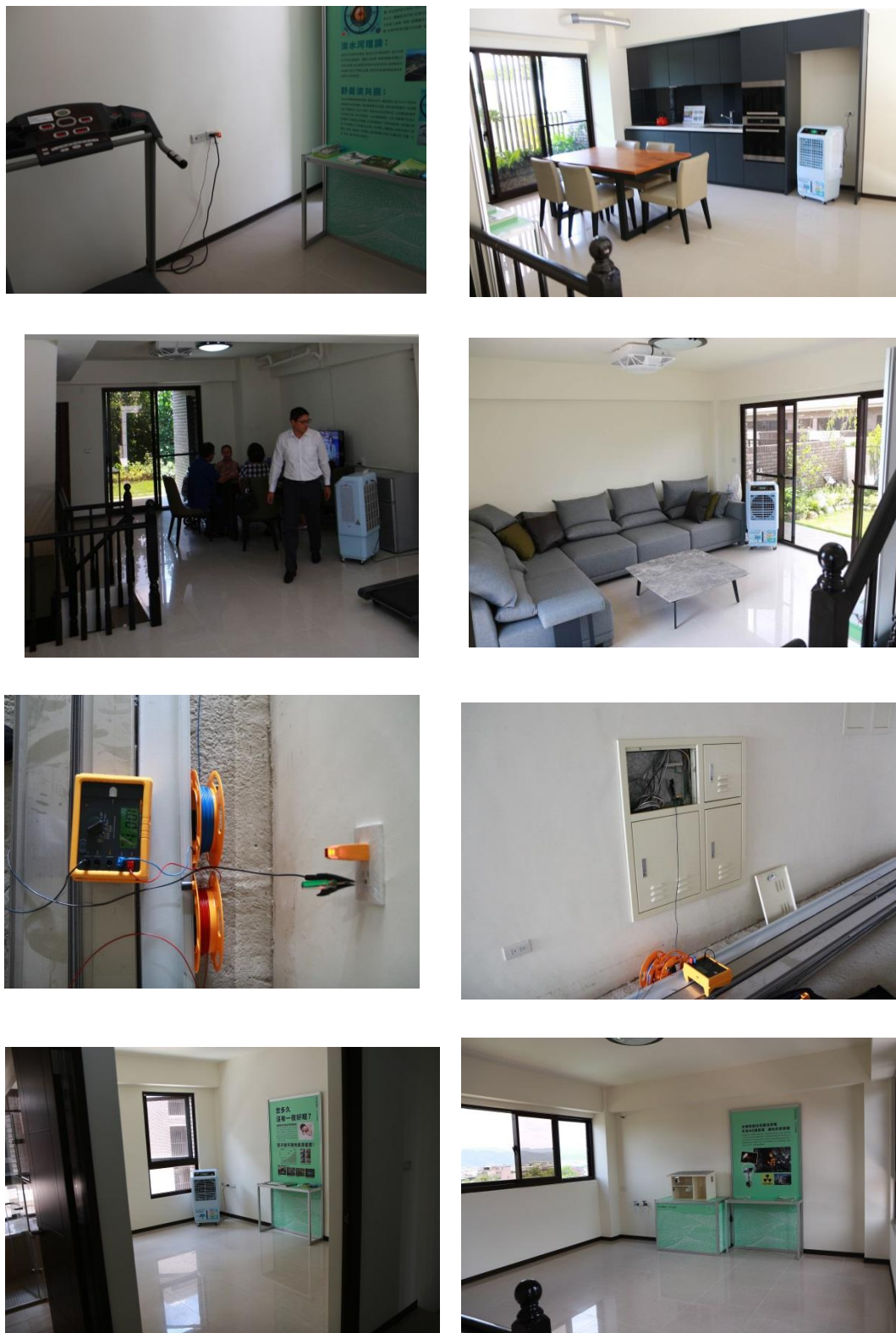


圖3-13 案例二住宅電磁波熱點照片

資料來源：本研究整理

### 3-8.3 案例三空間量測結果

案例三位於屏東市區的住宅，屋齡已有 30 年，為地上 4 層舊透天住宅，當時建造時並沒有規劃插座設備的接地，在一樓廚房的牆面插座上雖有 3 孔式電源插座，但是檢測結果並未接上接地線，無法發揮 3 孔插座應有的接地功能。

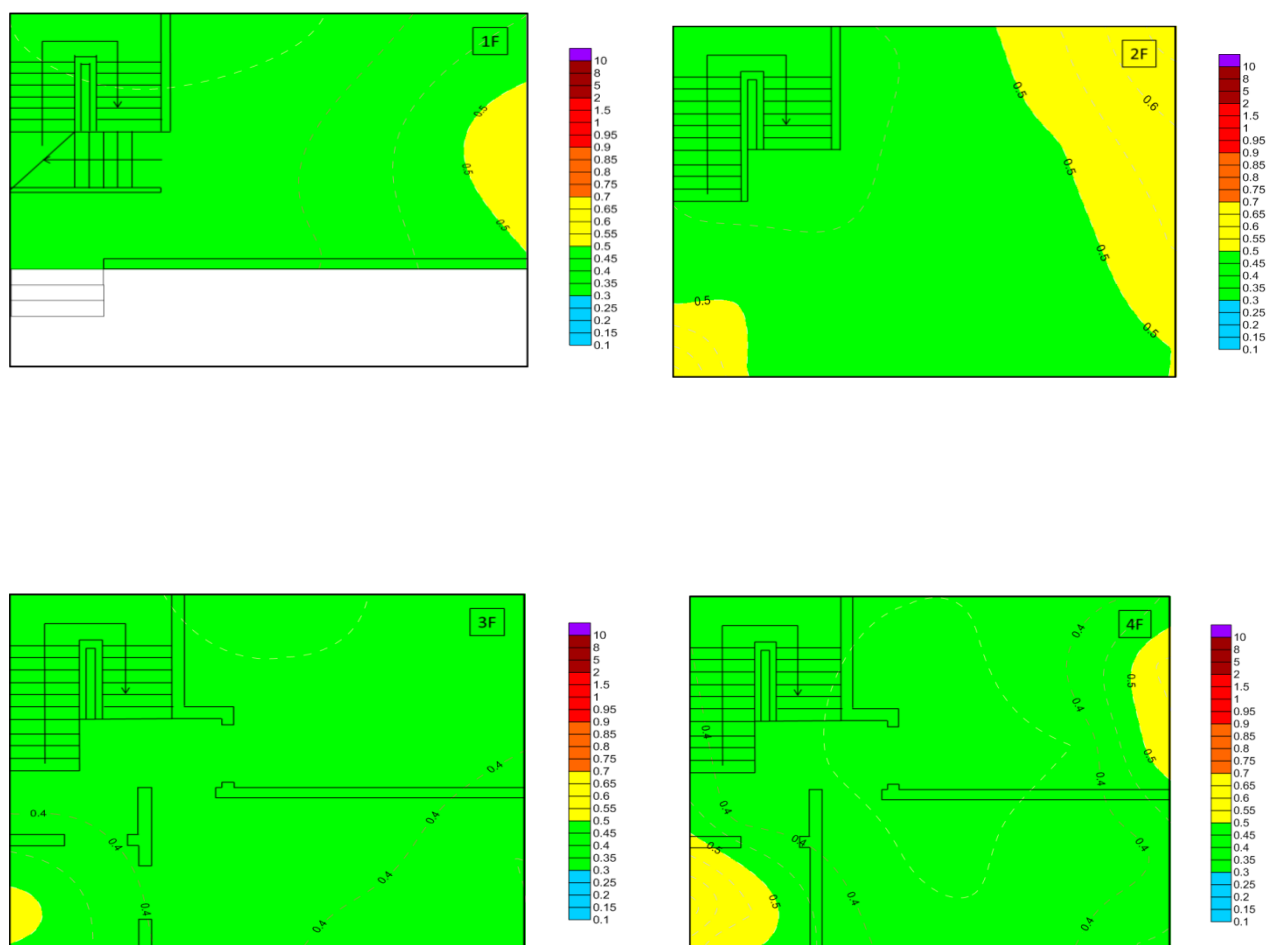


圖3-14 案例三電磁波測量平面圖

資料來源：本研究整理

在一樓空間配置是廚房的位置，量測結果顯示在一樓平面圖電磁波熱點集中在有放置較多電器的區域，所以該區域有較高的電磁波強度。在二樓的平面圖中左下角的測量點在距離屋外電線桿上的變壓器大約 1.5 公尺左右，且該位置是開

窗採光的位置，大片的玻璃鋁窗屏蔽室外電線桿的變壓器其實效果並不理想，也因此可以發現室外輸配電設備，的確會影響建築物內部的電磁波環境。而平面圖的右側位置是電腦、電視、電扇及總電源的區域，有明顯較高的電磁波影響。三樓平面圖左下角有個較強的電磁波影響，該區域是衛浴間，而開窗的位置靠近室外的變電箱。四樓的平面圖左下角是戶外曬衣間的區域，屬於開放空間，設置了電熱水器及洗衣機，在量測時電熱水器正在運作，而平面圖的右上方是總電源開關的位置，所以有較高的電磁波影響。

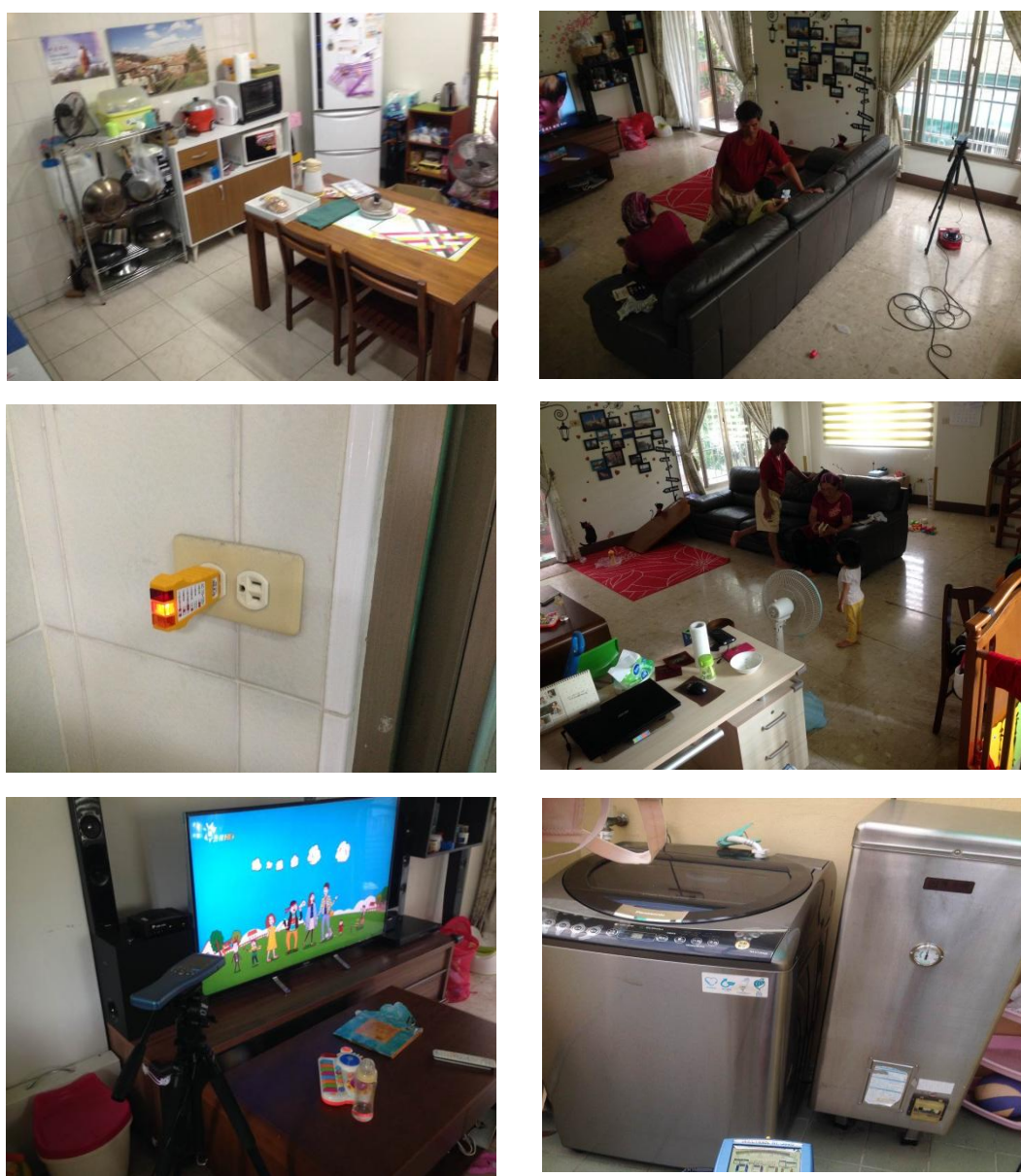


圖3-15 案例三住宅電磁波熱點照片

資料來源：本研究整理



## 3-8.4 案例四空間量測結果

案例四的公寓住宅位於新北市土城區，完工於104年6月，住戶在105年購入並入住，這棟公寓住宅為地上16層地下3層，電源插座均有正確接地。

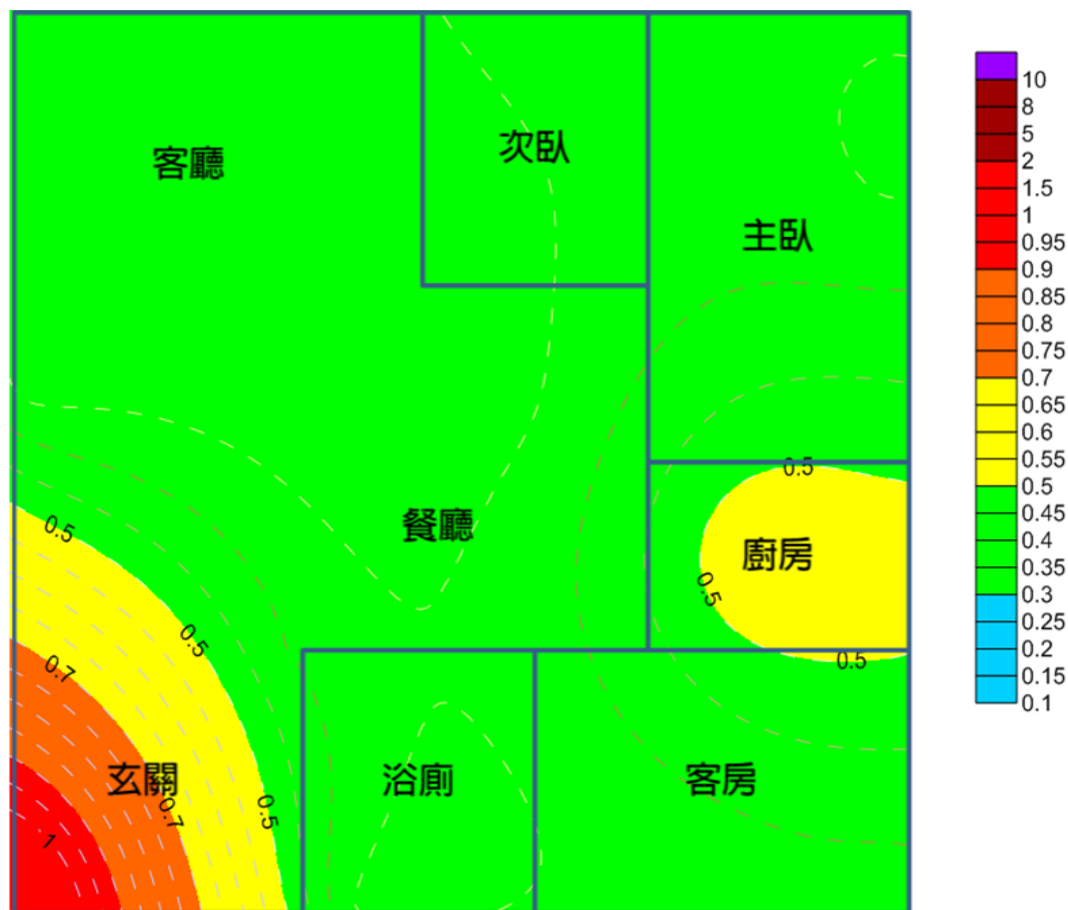


圖3-16 案例四電磁波測量平面圖

資料來源：本研究整理

電磁波強度平面圖測量結果顯示，在玄關及廚房有明顯較高的電磁波影響，在玄關的部分，一進大門的左側即是總電源開關，總電源配置在玄關進門的地方且遠離房間的佈線方式是較安全的佈線方式。另一個電磁波熱點是廚房，廚房是住宅裡面電器設備最多、最密集的地方，大多都是耗電功率大，而且有些是持續使電的電器，像是電冰箱、電熱水器、殺菌消毒櫃、電鍋、烤箱及微波爐等等，而電熱水器的位置也在廚房後面的後陽台的牆上，量測當時並沒有啟動，所以沒有特別設點量測。在睡眠區域的各個房間所量測到的電磁波都在 0.3-0.45 之間的綠色電磁波強度。

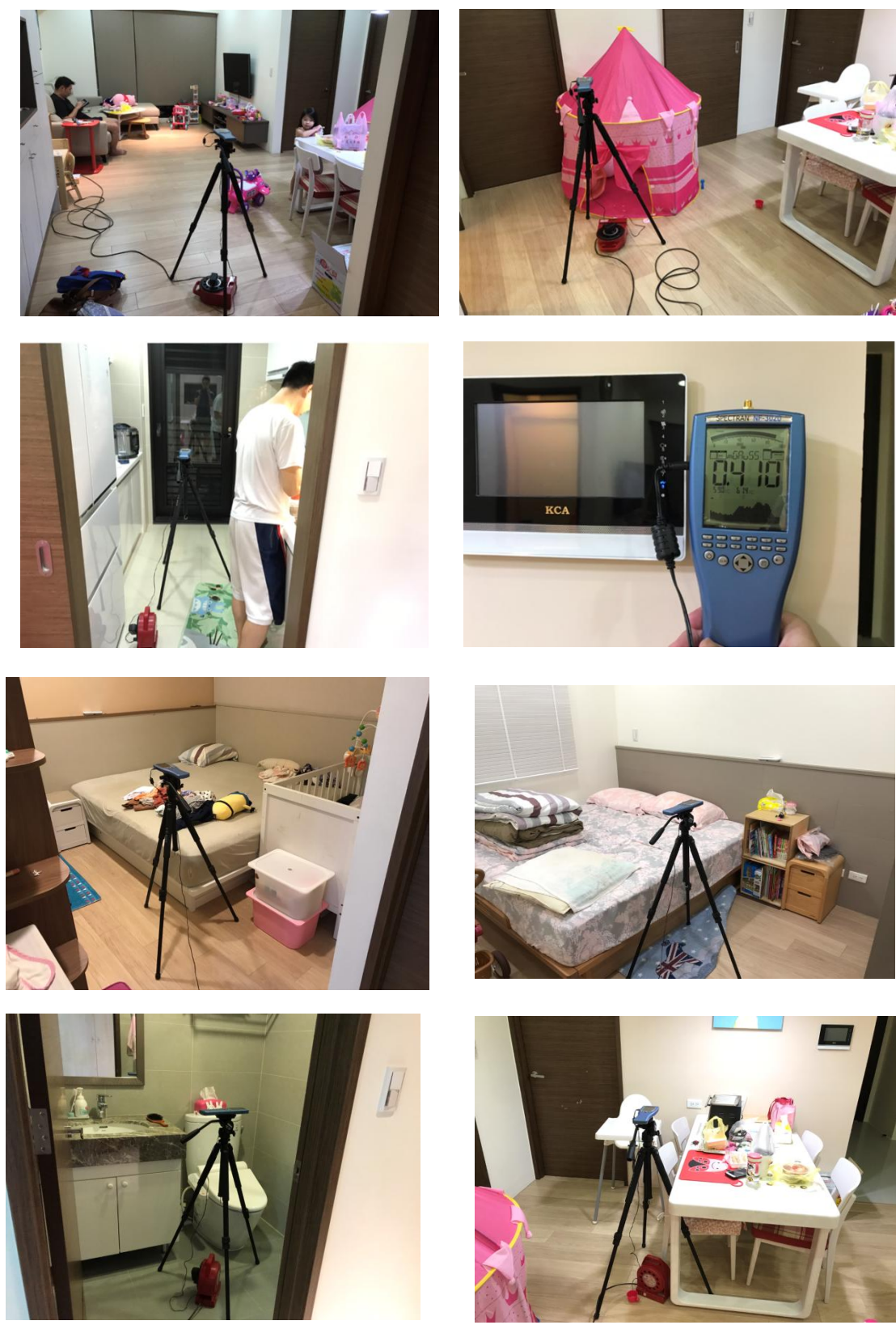


圖3-17 案例四住宅電磁波熱點照片

資料來源：本研究整理

### 3-8.5 案例五空間量測結果

案例五是開南大學教學大樓位於桃園市蘆竹區，為地上 10 層地下 1 層建築物，建築物屋齡 12 年，測量案例為在 1 樓辦公室，本建築雖有一定屋齡，但電源插座皆有設置接地極。

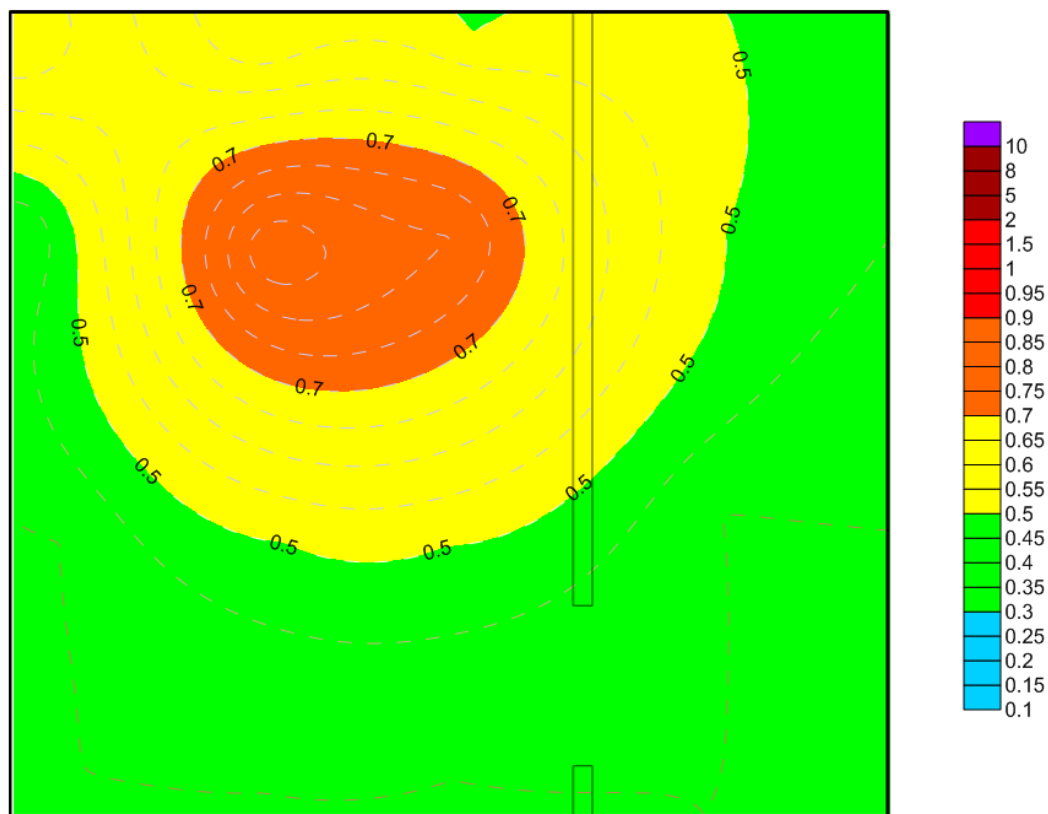


圖3-18 案例五空間電磁波測量平面圖

資料來源：本研究整理

本案電磁波量測的結果顯示，在平面圖的上方位置有個電磁波相對較高的影響區，從圖 3-19 熱點照片可以看出在該區域有較多的電器設備，有電冰箱、咖啡機、微波爐、兩部印表機等設備。量測期間電器設備都在運轉狀態下，所以該區域的電磁波影響相對高很多。這也驗證了若將電器集中疊砌或在排放在同一區域內，所產生的電磁波風險會比較高的。



室內電磁環境對人體健康之影響與對策評估計畫

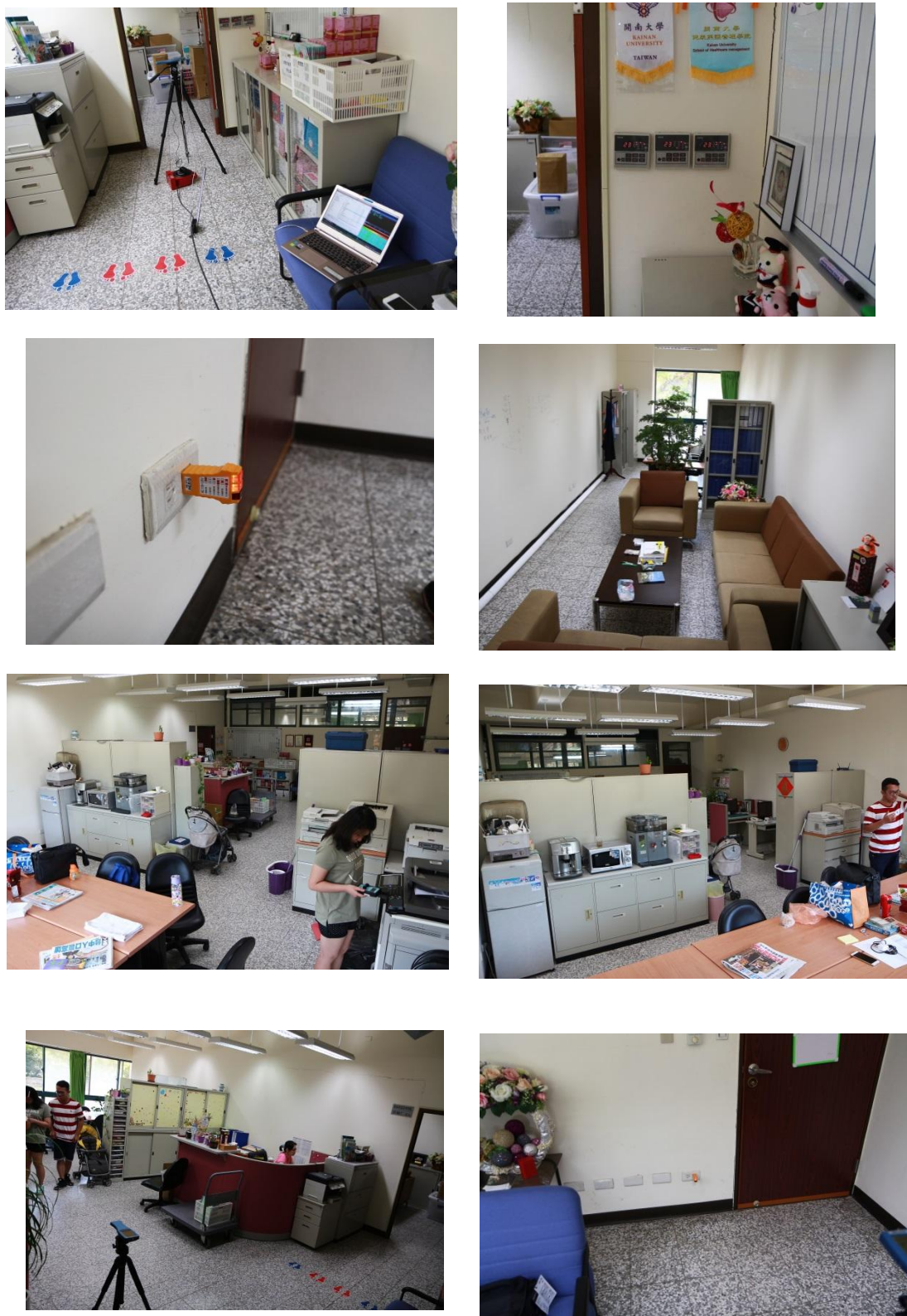


圖3-19 案例五空間電磁波熱點照片

資料來源：本研究整理



### 3-8.6 案例六空間量測結果

案例六為國防大學理工學院，位於桃園大溪區，是歷史悠久的學校，建築物都已經有相當的年紀了，工學院的建築設計是兩個口字型建築物併在一起，為地上3層樓的建物，本案例只有設置避雷針的接地設備，並沒有設置電源插座的電力設備接地。

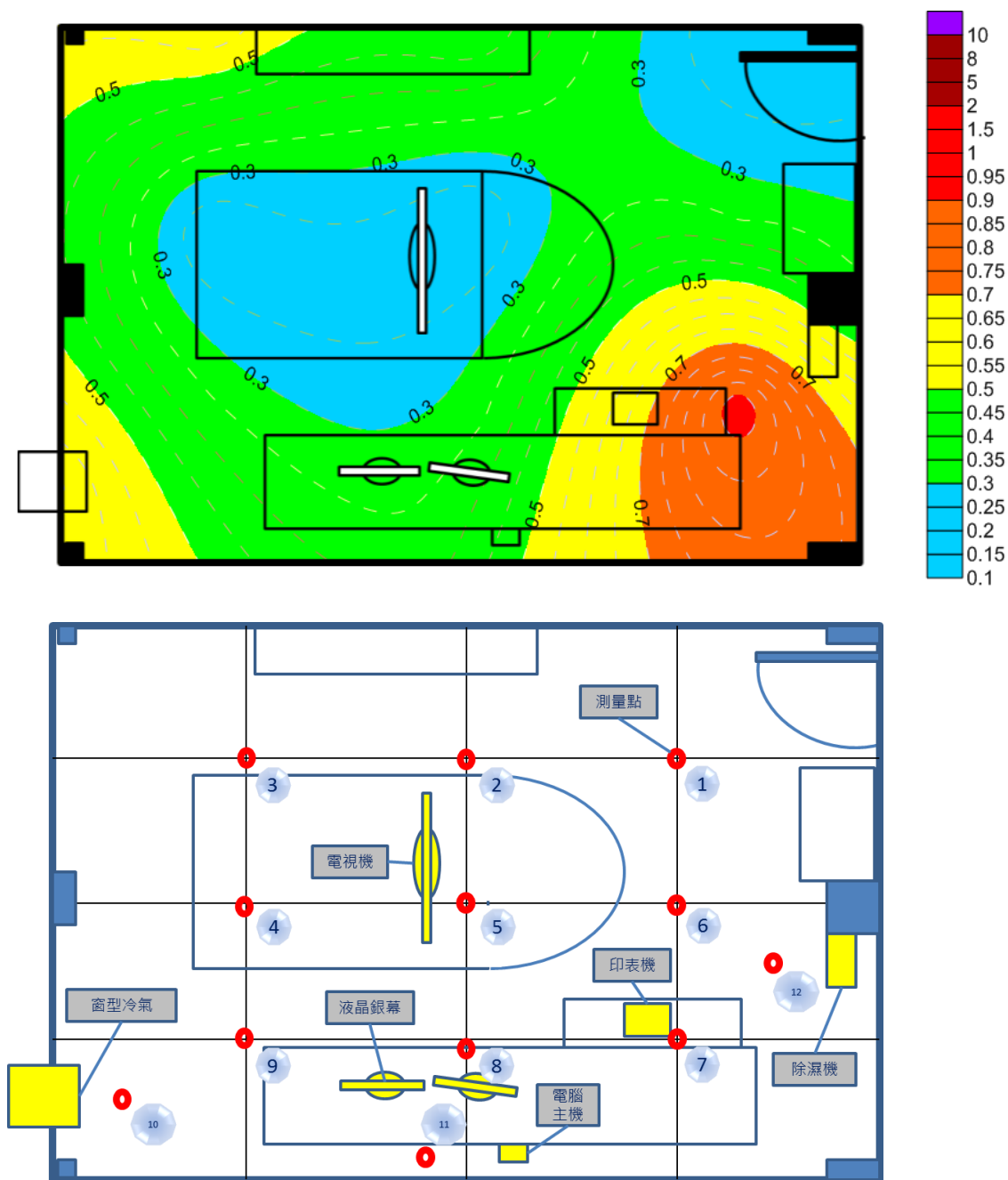


圖3-20 案例六電磁波測量平面圖

資料來源：本研究整理

案例六研究室的電磁波平面圖右下角有個相對強的電磁波影響，在該區域有有運轉的除濕機以及印表機，在牆上還有一台掛扇，這區域的設備都是比較密集且印表機運轉時量測到的電磁波很高，所以該區域是整間研究室電磁波影響最高的地方。

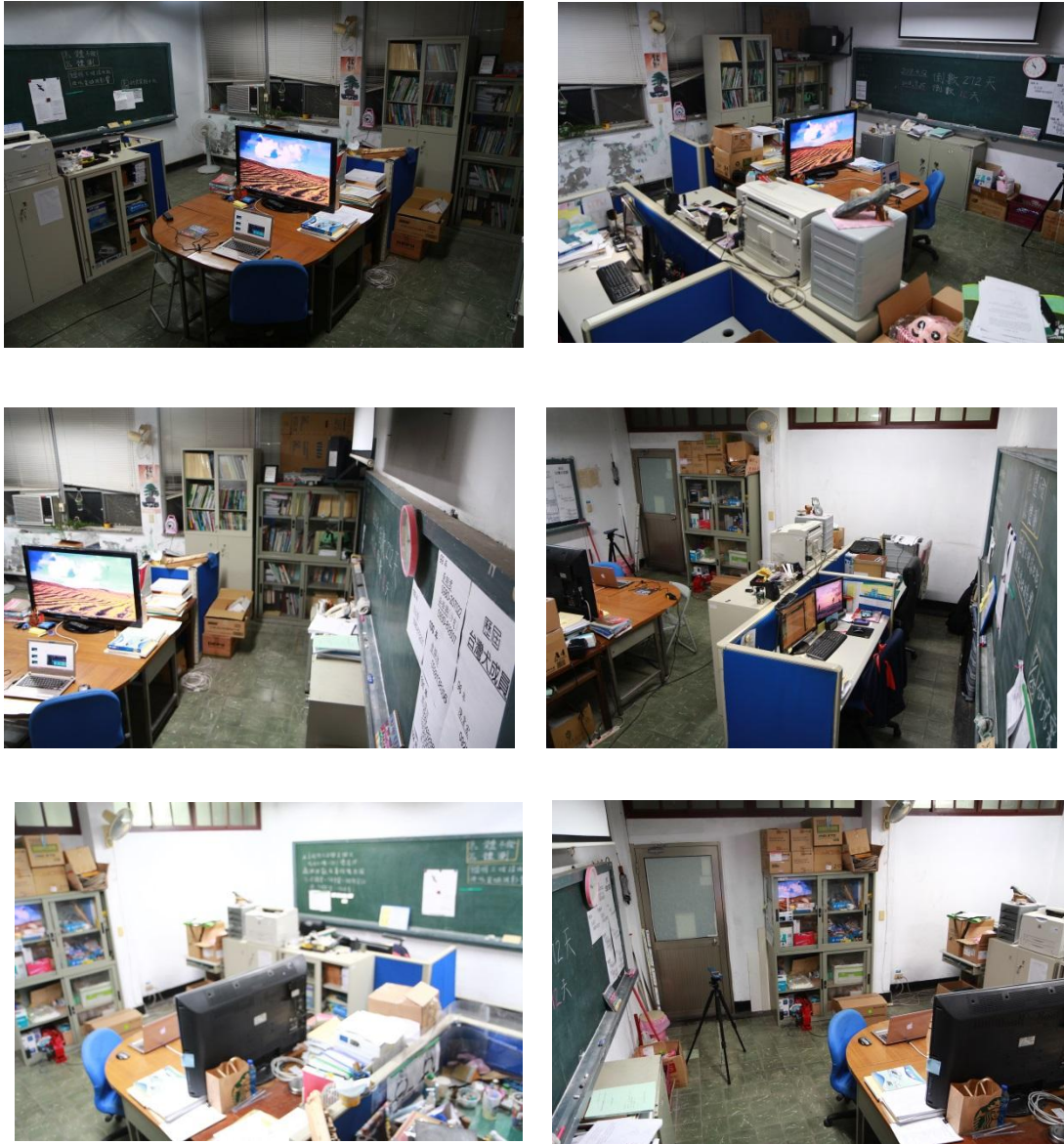
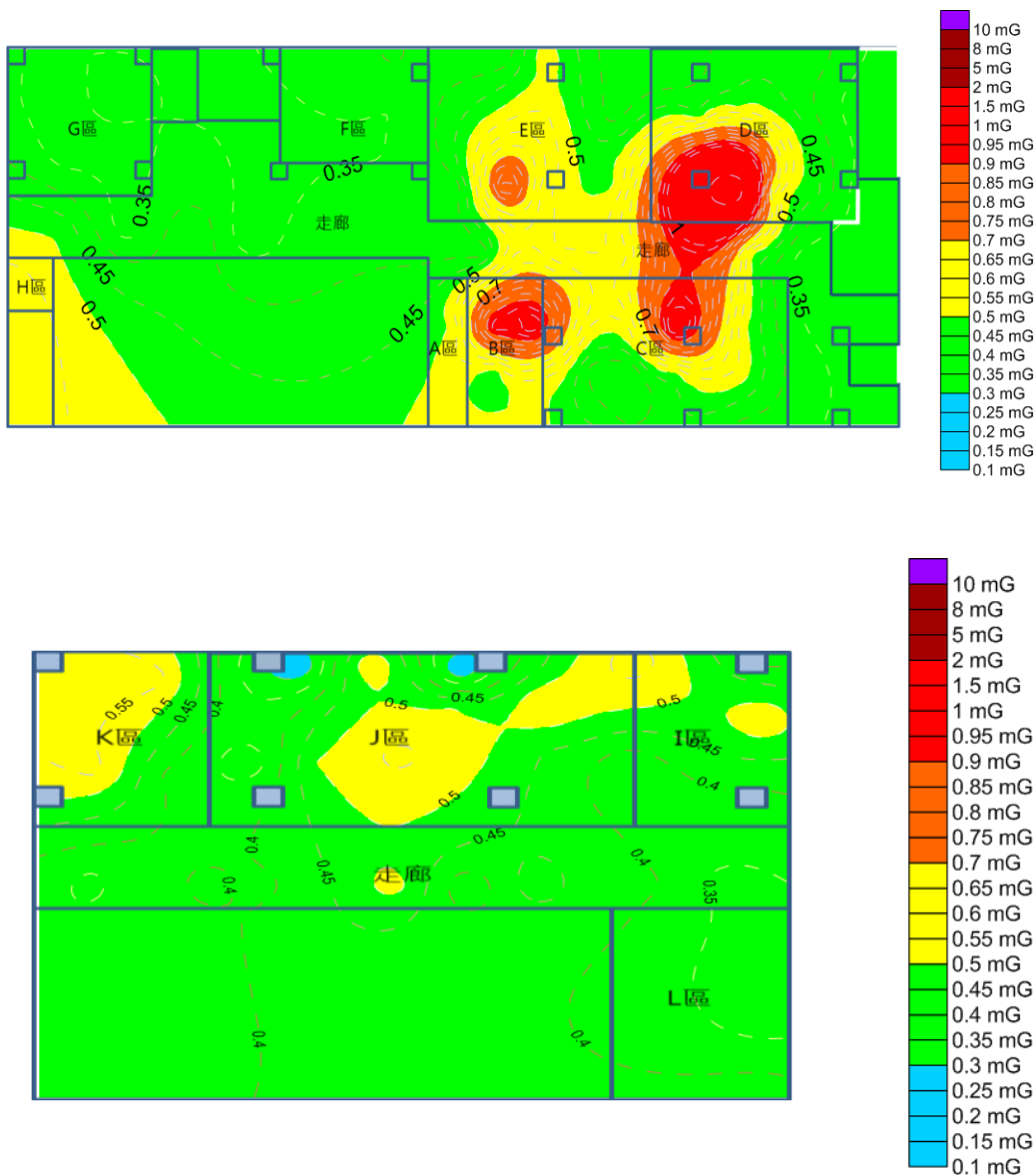


圖3-21 案例六電磁波熱點照片

資料來源：本研究整理

### 3-8.7 案例七空間量測結果

案例七是內政部建築研究所辦公室，該案位於新北市新店區大坪頂聯合辦公大樓，16層建築物其中13、14樓是建研所辦公室樓層，這棟辦公大樓屋齡13年，但插座設備與避雷針接地皆有設置，牆面上所有採用3孔式插座皆有正確與功能良好的接地極，利用Fluke-1623接地電阻儀測量出來的接地電阻平均值都小於1歐姆。



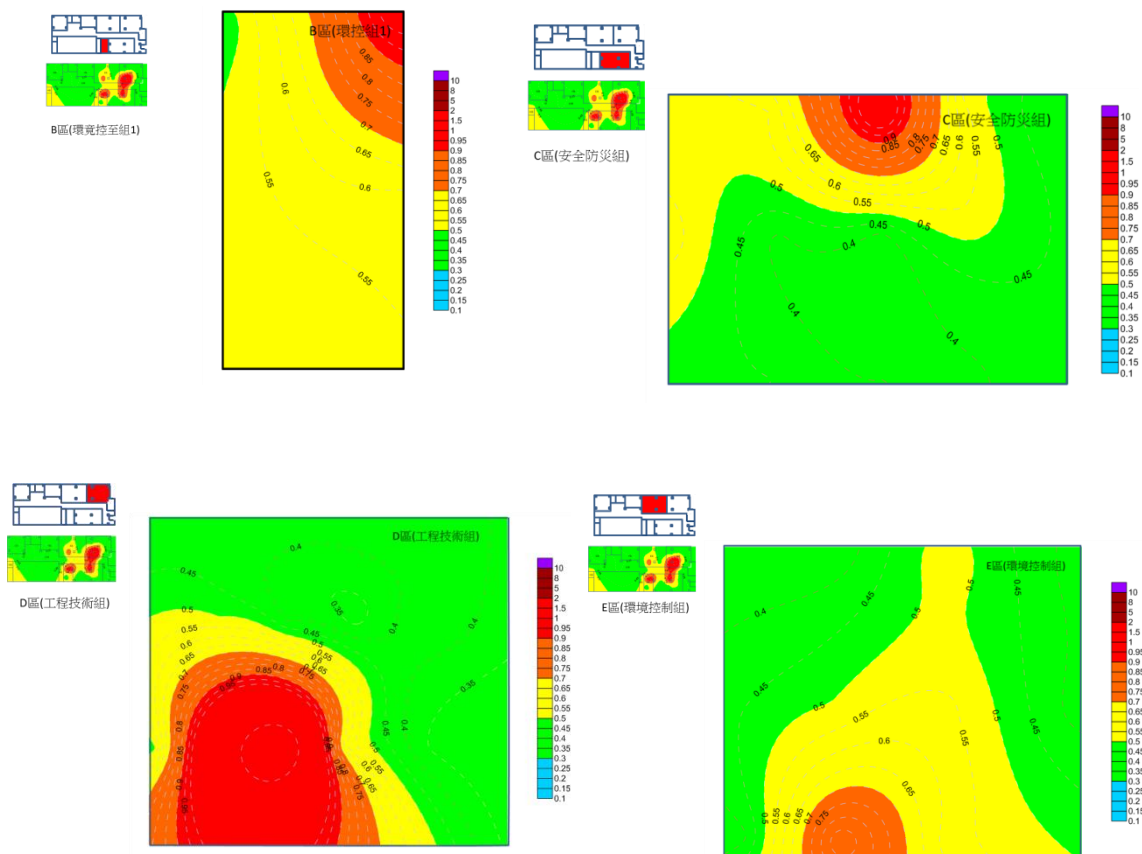


圖3-22 案例七空間電磁波測量平面圖

資料來源：本研究整理

本案測量區域化分 A~K 區共 11 區，以下挑選 4 區電磁波影響較高的區域分別討論。B 區辦公空間在電磁波量測平面圖左上角有一個較高的熱點，在量測該區域時候現場都沒有發現有大型電器設備，詢問下，在該區域公文櫃上方有設置一台 WIFI 無線網路發射器，該設備可能直接影響了量測的結果。C 區的平面圖上方有明顯熱點，但是量測現場的位置亦都沒有較大型的電器設備運轉，且熱點位置靠近公文櫃牆面，剛好室內電源佈線的位置是走這側牆面，造成該區域的電磁波輻射受影響較大。D 區的平面圖顯示左下區域有個較高電磁波區域，量測的現場位置是該辦公室大型電器設備集中的區域，有飲水機、咖啡機、印表機、碎紙機等等經常性使用的電器設備，在該區域形成了一個電磁波熱點。E 區的熱點是因為該測點區域有兩台大型印表機在作業，形成一個電磁波熱點。整體而言，建研所大部份的辦公空間電磁波量測值均在 1mG 以下，同仁只要避開上述少數熱點就可以安心上班。



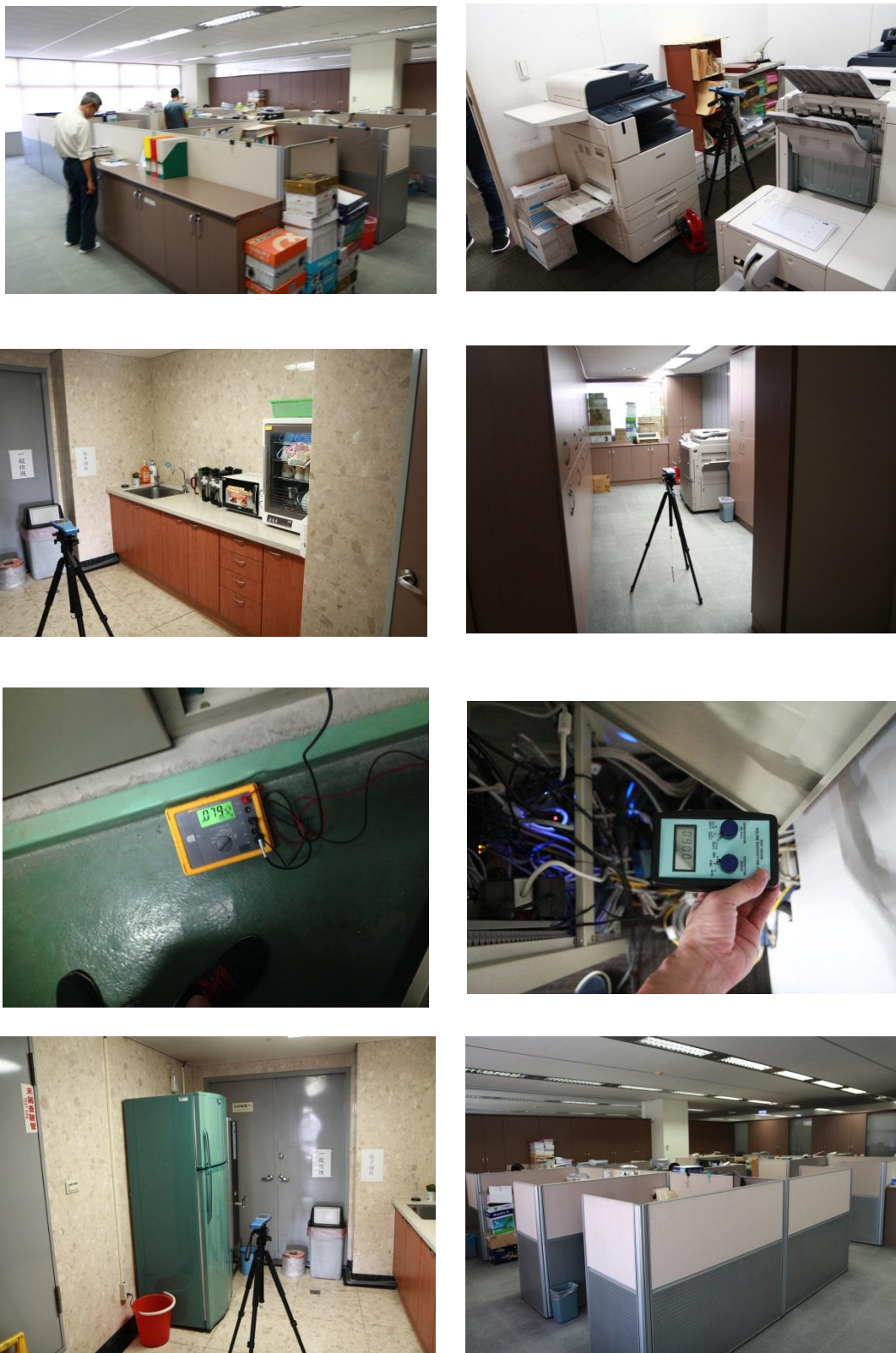


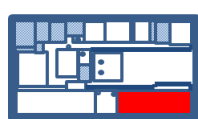
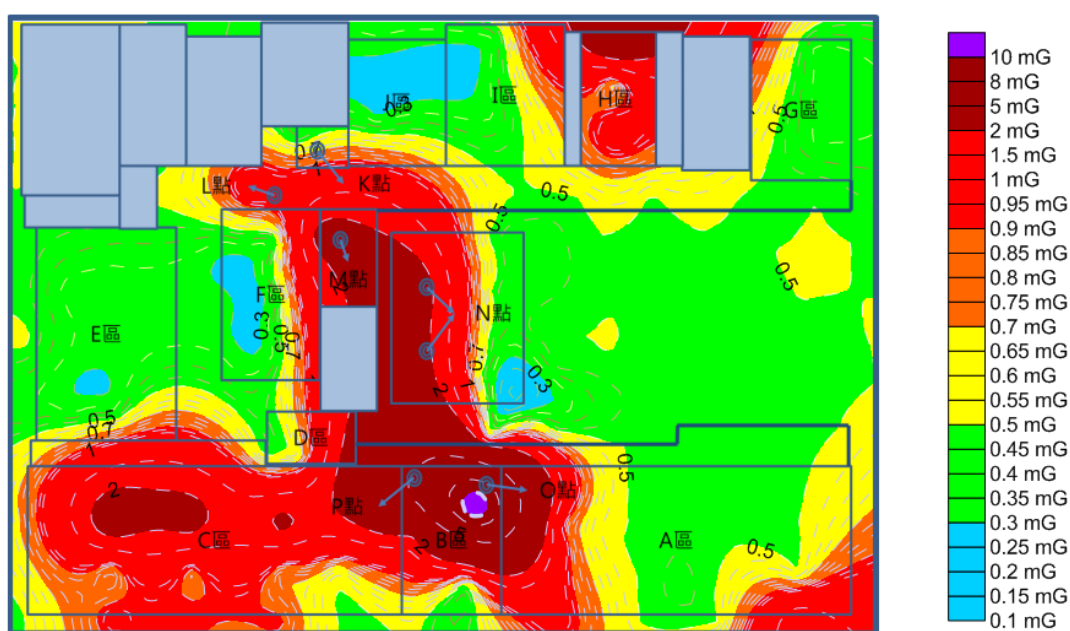
圖3-23 案例七空間電磁波熱點照片

資料來源：本研究整理

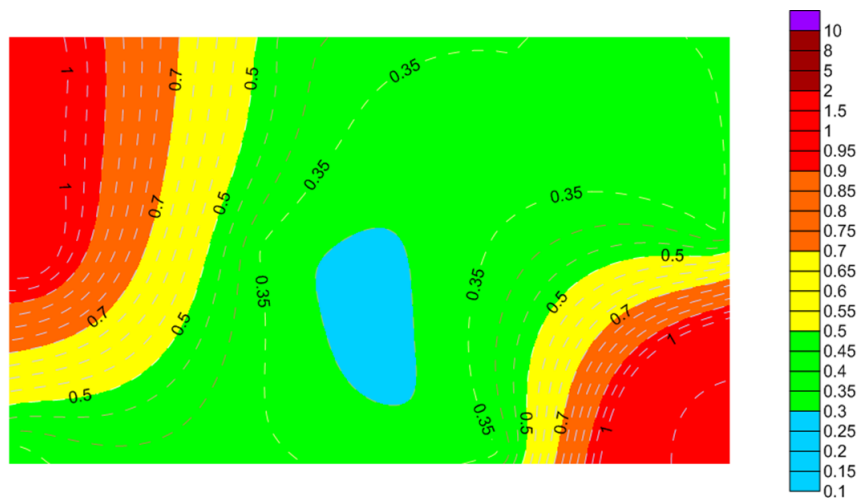
### 3-8.8 案例八空間量測結果

案例八是台灣建築中心的辦公室，該案位於新北市新店區江陵金融大樓 3 樓，為地上 16 層地下 5 層辦公大樓，建物屋齡 8 年，牆面上所有採用 3 孔式插座與避雷針皆有正確與功能良好的接地設計。

本案測量區域化分 A~J 區共 10 區，建築中心辦公室空間量測結果顯示，整體電磁波輻射相較於內政部建研所辦公室是比較高。以下挑選 3 區電磁波影響較高的區域單獨討論。



A區



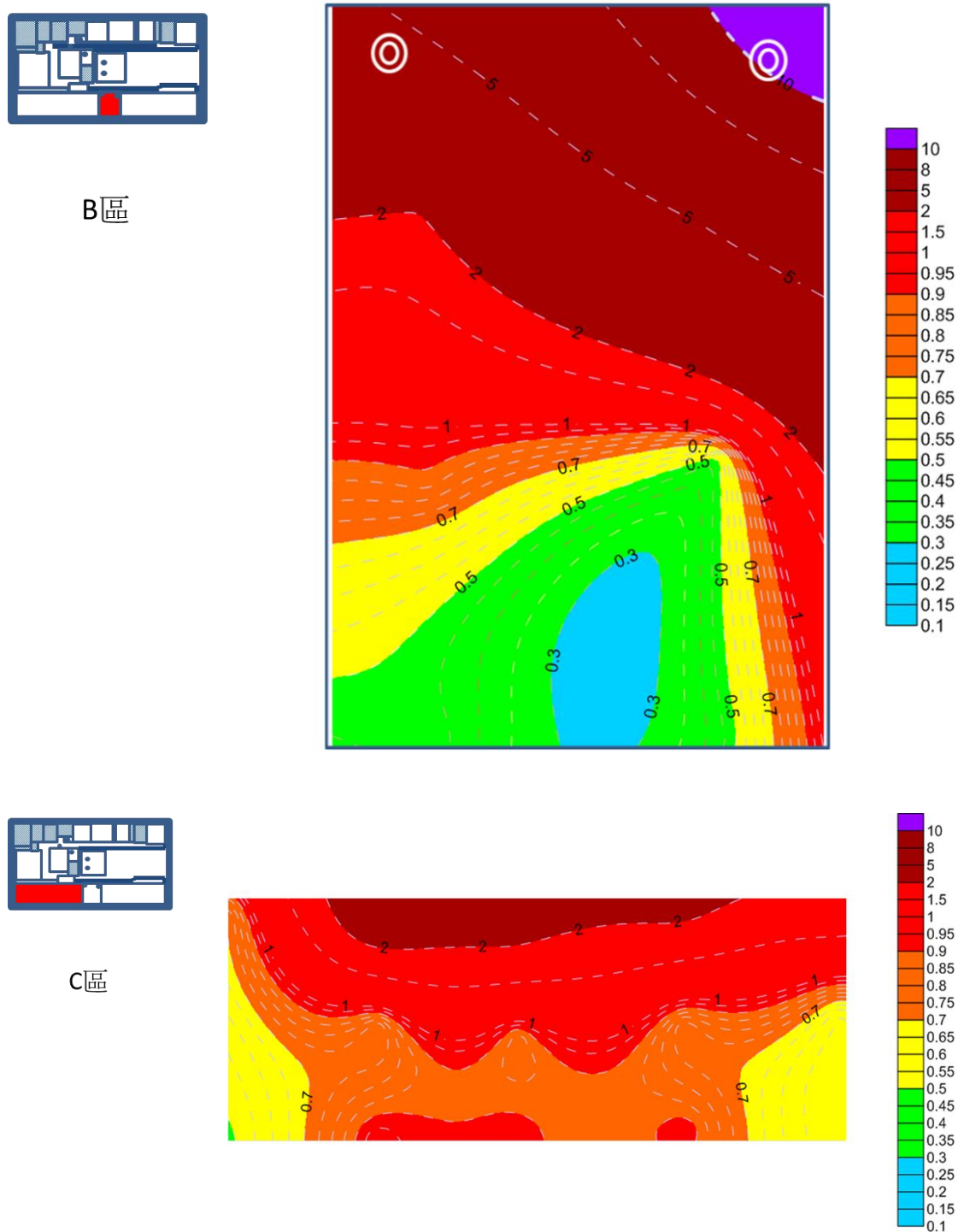


圖3-24 案例八空間電磁波測量平面圖

資料來源：本研究整理

A 區辦公空間在電磁波量測平面圖兩側都有高電磁波的影響，在平面圖右邊的量測點附近有一台 WIFI 發射器，在接近 B 區的左側的位置有明顯高的電磁波區域，主要是受到 B 區高電磁波影響關係。B 區是整個辦公室樓層電磁波影響最



高的區域，主要電力來源都在這區連接，樓層總電源開關也設置在這區，在B區平面圖的右上角有個高達12毫高斯的熱點，這測點距離空調開關10公分距離，該熱點是控制整樓層的空調設備開關位置，當天氣溫相當高，量測時空調是全功率運轉的。C區的平面圖上方有明顯熱點，但是量測現場的位置都沒有較大型的電器設備運轉，且熱點位置靠近公文櫃牆面，剛好電源佈線的位置是走這側牆面，造成該區域受電磁波的影響較大。



圖3-25 案例八空間電磁波熱點照片

資料來源：本研究整理



### 3-8.9 案例九空間量測結果

案例九是新北市政府於三重區推動興建的「青年住宅」，提供尚無購屋能力之青壯年、初入社會的年輕人及新婚之小家庭等族群，得以租得一個優質合宜的安身居所，其中並提供部分予弱勢者居住，解決住宅需求，以多元方式推動政府的公共住宅政策。

該案位於新北市三重區大同南路及環河南路交叉口，為地上 14 層樓，地下 1 層樓的公寓式大樓住宅，於 105 年 5 月完工，屋齡 1 年 6 個月，電力設備與避雷針接地設備皆有設置。三重區青年住宅不僅通過綠建築標章評定，評鑑結果為住宿類黃金級綠建築。這同時也是一棟獲得智慧建築標章銅級評定的建築物，共計通過有包括綜合佈線指標、資訊通信指標、系統整合指標、設施管理指標與安全防災指標等五項指標。

本案住宅大樓共選擇了兩種房型進行室內空間電磁波的測量：第一種房型位於 12 樓的套房型式，空間約 9 坪大小，電器設備上有電冰箱、電磁爐、電視機、冷氣機、洗衣機、電風扇等電器，在電磁波量測平面圖上顯示，量測到的熱點位於門口玄關位置，總電源開關與智慧通信設備都設置在玄關一進門的位置，除了這區域外，其他區域都並沒有太高的電磁波影響。

第二種房型位於 6 樓的 2 房 1 廳 1 衛住宅空間，空間約 23 坪大小，電器設備上有電冰箱、電磁爐、冷氣機、洗衣機等電器，量測到的熱點與 12 樓套房型式的房型一樣位於門口玄關位置，總電源開關與智慧通信設備都設置在玄關一進門的位置，除了這區域外，其他區域都並沒有太高的電磁波量測值。

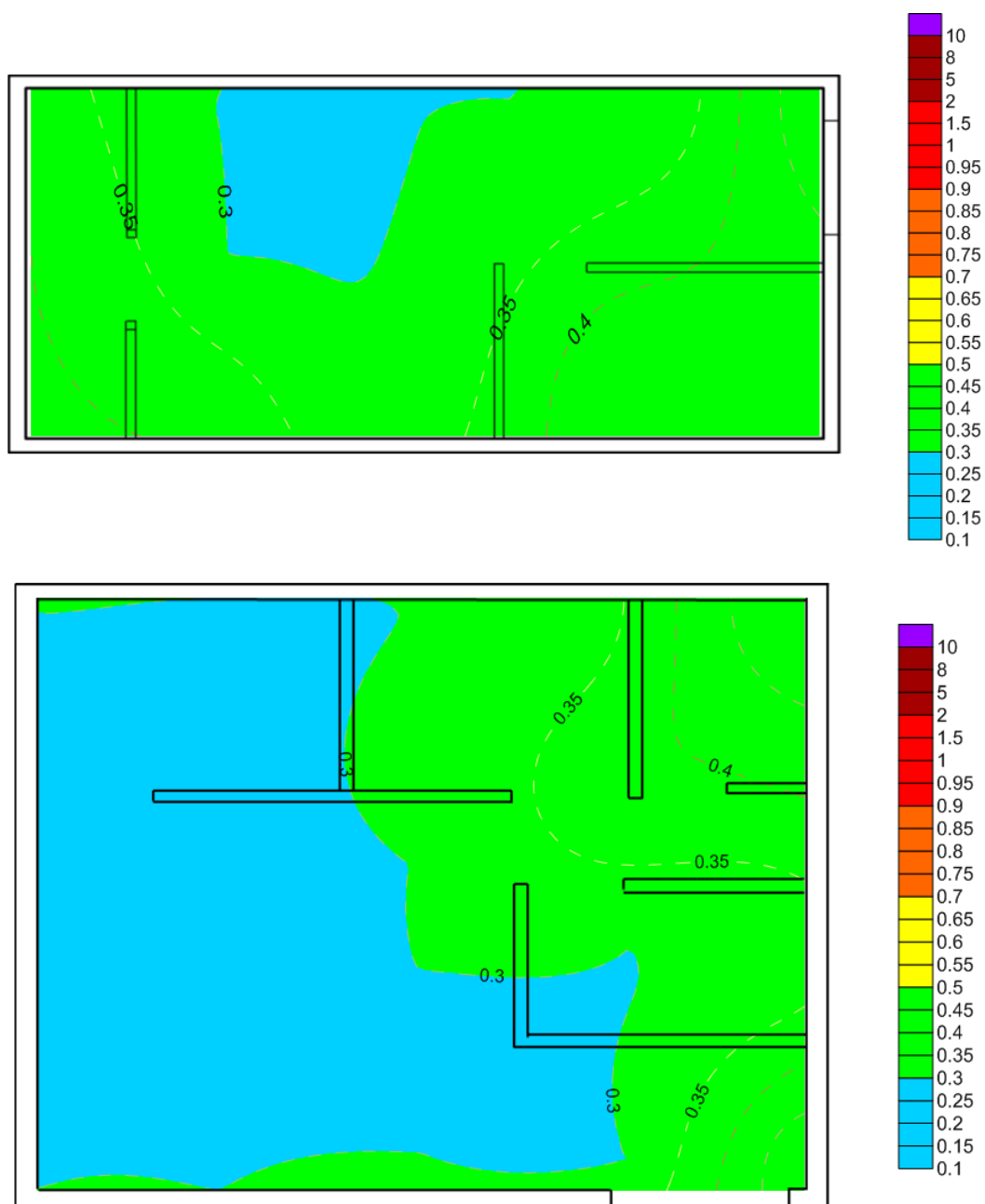


圖3-26 案例九空間電磁波測量平面圖

資料來源：本研究整理

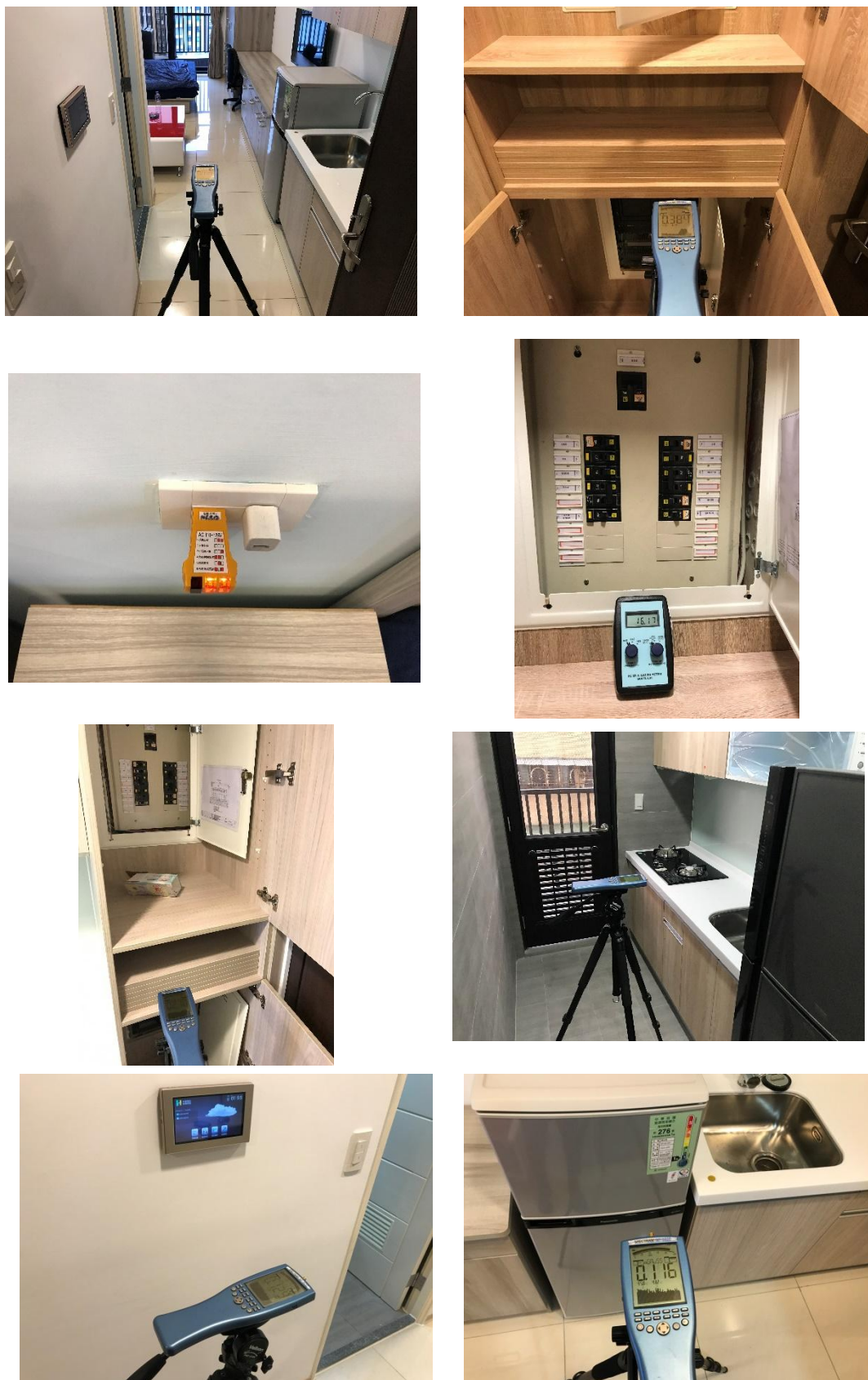


圖 3-27 案例九空間電磁波熱點照片

資料來源：本研究整理

### 3-8.10 案例十空間量測結果

案例十是中央研究院為配合行政院「台灣生技起飛鑽石方案」行動計畫，規劃毗鄰中研院院區設立「國家生技研究園區」，以國家生物科技研發與知識創新為主軸，並以「轉譯醫學」、「生技製藥」為發展主力，建立學術研究發展及產業研發中心。

該案位於新北市南港區研究院路二段，為地上 8 層樓，地下 2 層樓的辦公服務類智慧建築，於 104 年 6 月完工，屋齡 2 年 5 個月，電力設備接地與避雷針接地設備皆有設置。國家生技研究園區通過智慧建築標章評定，評鑑結果為辦公服務類銀級智慧建築。共計通過有包括綜合佈線指標、資訊通信指標、系統整合指標、設施管理指標、安全防災指標與節能管理等六項指標。

本案辦公大樓進行 3 樓與 4 樓室內空間電磁波的測量：辦公大樓 3 樓的空間配置部分，在平面圖下方為辦公室區域，中間灰色區域是倉庫與電梯位置，並未做量測，在平面圖上方區為走廊。在空間電磁影響的平面圖顯示，平面圖上方走廊區有局部分布的電磁波黃色區塊，該區域是電力佈線與大型冷凍櫃的位置，有稍高的電磁波量測值，除了走廊外其他區域並沒有明顯的電磁波影響；辦公大樓 4 樓的空間配置部分，大致與 3 樓配置相同。在空間電磁影響的平面圖顯示，平面圖上方走廊區有一部分的電磁波黃色區塊，該區域一樣是電力佈線與大型冷凍櫃的位置，有稍高的電磁波量測值，除了走廊外其他區域並沒有明顯的電磁波熱點影響。

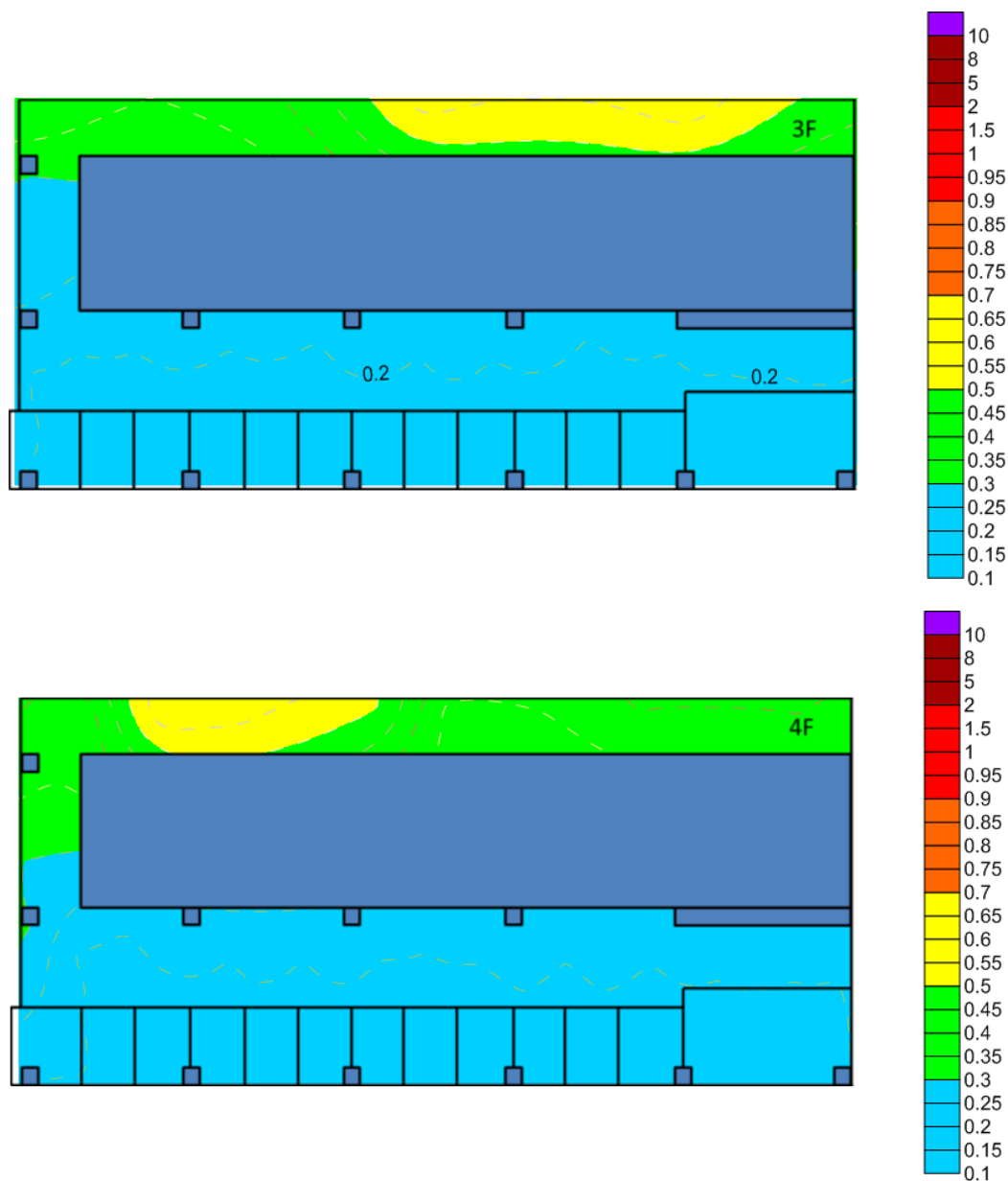


圖3-28 案例十空間電磁波測量平面圖

資料來源：本研究整理

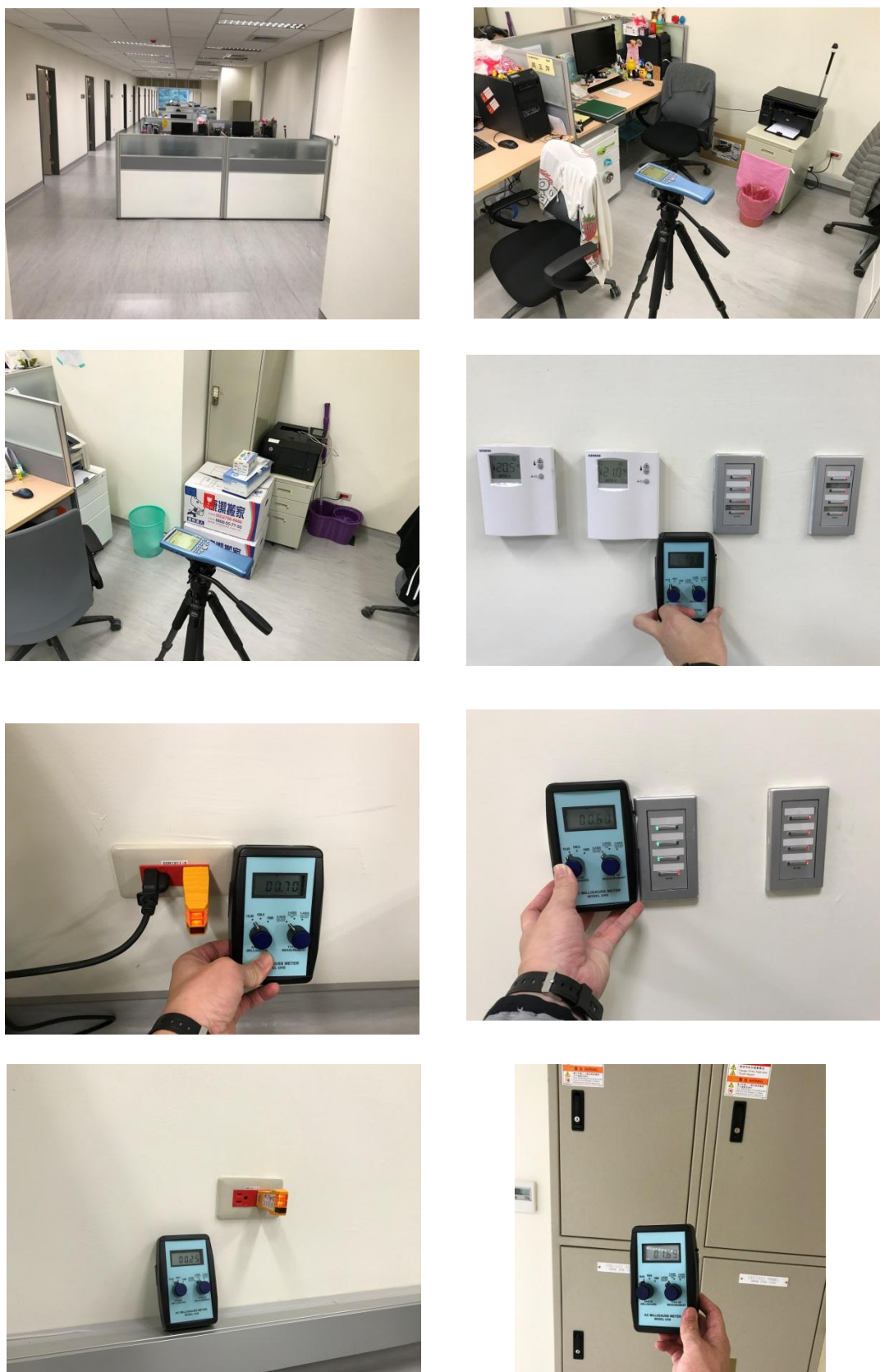


圖3-29 案例九空間電磁波熱點照片

資料來源：本研究整理

## 第九節 討論與分析

### 3-9.1 居家電器常忽略的高電磁波風險

人們追求便利極舒適大量增加電器設備進入居家環境裡，無形的增加了健康的風險，居家環境中許多會經常使用到的電器用品，都具有較高的電磁波輻射。因為使用者沒有警覺，所以常會疏忽或不知道電器帶來的電磁波污染可能造成健康風險。市售的電器用品都需經過國家 CNS 檢測認證合格才能販賣，檢驗合格的電器都會貼上合格標籤。目前即使貼上合格標籤的電器也不會在電器上標示電磁波的影響，而使用說明書上也不會告訴你使用上應保持的安全距離或使用時間建議。本研究將居家環境常使用到的電器做電磁波的電場與磁場檢測，從檢測結果分析出居家電器設備常被疏忽的電磁波影響，以下是常被忽略的電器或設備：

- 1.吹風機：在居家環境裡面，吹風機也是不可或缺的家電之一，而且，吹風機的使用上是距離人體最近的電器之一，在最大功率運轉下，最大的磁場量有 1.53mG，這麼近的距離接受相對高的磁場影響，對人體影響可能會提高風險，在使用上也不容輕忽。
- 2.暖風機：暖風機是常見的居家電器之一，暖風機在結構上也是電能轉熱能，在由馬達驅動風扇降熱風吹出來，市售的暖風機一樣有電氣合格標籤才能販售，但是常常都會忽略暖風機運轉產生的電磁波影響，在 30 公分的測量下有驚人的 18.1 mG，如果是使用在臥室裡，長時間的使用，建議在使用的距離一定要高於 1 公尺以上。
- 3.免治馬桶：免治馬桶也是很常見的電器，在結構上也是如同暖風機一樣是由電能轉熱能，而且是緊貼著皮膚使用的，其量測到的磁場是 3.64mG，電磁波的影響也不能輕忽，建議不要長時間坐於免治馬桶上。
- 4.電熱水器：家中的電熱水器分為即熱式跟預熱式兩種，即熱式的電熱水器通常就直接裝在浴室的牆上，可以直接打開使用；而預熱式的電熱水器常常就掛在臥室外的後陽台牆上，是以溫度去控制加熱棒過電與否，公寓式的房子比較小，房間窗戶外面可能就是電熱水器了，待機中的電熱水器量測到的磁場也有 1.25mG，加熱中的電熱水器就更高了，在相同的位置下量測高達 10.7mG，也是不能輕忽的。



5. 電源開關（燈具）：電源開關控制電燈，插座則提供電力輸出，在靠近電源開關量測到的磁場也是相當高的，直接貼著量測到的磁場是 5.8mG，所以也可能會是容易輕忽的部分，建議盡量離開任何有電力使用的配線迴路或相關開關及設備。
6. 總電源開關箱：總電源開關是控制整個電力的來源，相對的磁場的量也是相當高，在近距離量測下的磁場高達 16.2mG，對於電磁波防護的安全要格外注意，臥室內盡可能不要有總電源開關。
7. 看不見的電力配線迴路：電磁場是人體五官沒有辦法感知的，唯有儀器才能量測出電磁波的強度，所以在不知情的狀況下，往往都會忽略電磁場對人體的影響，像電力佈線也是常常忽略的部分，在量測點的附近都沒有電器或電力設備，但是磁場卻很高，利用儀器找到了分布在水泥牆或樓地板中的電力線連接到總電源開關，這也是經常會忽略的電磁場影響



免治馬桶



電源開關



總電源開關



水泥牆裡的電線

圖3-30 常忽略的高電磁波熱點照片

資料來源：本研究整理



### 3-9.2 智慧建築與一般建築物的電磁波比較

智慧建築定義為「建築物及其基地設置建築自動化系統」，配合建築空間與建築體元件，從人體工學、物理環境、作業型態及管理型態角度整合，將建築物內之電器、電信、給排水、空調、防災、防盜及輸送等設備系統與空間使用之運轉、維護管理予以自動化，使建築物功能與品質提升，以達到建築之安全、健康、節能、便利與舒適等目的。智慧建築在弱電工程上比一般建築的造價高，設備量也相較於一般建築物的設備量要多。智慧建築更多的佈線與設備量是否會導致較高的電磁波暴露風險？本研究以智慧建築與一般建築的空間電磁波量測值進行比較，從量測的結果發現，住宅類智慧建築的空間電磁波量測落在 0.2~0.4mG，而一般無智慧建築標章的新建住宅建築物的空間電磁波測量值約在 0.3~0.5mG，兩者之間的差異並不十分明顯，但似乎智慧建築之住宅的空間低頻電磁波量測值較低。

另外本研究也進行辦公室類型智慧建築與一般辦公大樓建築的空間電磁波量測值進行比較。從量測的結果發現，本次所選取之國家生技研究園區的辦公室空間電磁波量測值約落在 0.2~0.5mG(並無量測到特別高的電磁波熱點量測值)，而其他一般有接地之辦公大樓建築的空間電磁波測量值約在 0.2~1.8mG(有少部分局部熱點測值超過 10 mG)。顯示智慧建築辦公室在建築空間的背景電磁波相較於其他非智慧建築的辦公室有較為平均且更優良的保護，並無較多設備量可能產生較高的電磁波暴露風險。相對於一般辦公建築，本次所選案例之智慧建築在設計與施工上，會要求較為嚴謹的室內佈線與建築物接地。且部分案例在佈線管件上都使用有屏蔽性能的金屬管件或金屬配線盒，在所有的用電力線、配電盤、出線匣、日光燈電源開關、電源插座等都做良好的屏蔽措施，因此所量測到的低頻電磁波相對來的較低。

智慧建築在各項電力工程上比一般建築的造價高，施工項目也較多且繁雜，設備量也相較於一般建築物的設備量要多，按常理判斷，電磁波的影響也相對一般建築要來的高許多才合理，但是從本研究住宅類型與辦公室類型的智慧建築空間電磁波的量測結果顯示，智慧建築的低頻電磁波的風險並沒有高於一般建築物，甚至可能更為安全。本研究在量測的頻率上是以低頻電磁波為主要量測標的

(50Hz~60Hz)，並沒有針對高頻電磁波進行量測與評估，因此對於智慧建築中各種無線射頻技術與設備所可能產生的高頻電磁波影響並沒有辦法下相同結論。若使用者對於這部分仍有疑慮的話，建議可以進行後續相關研究，可將電磁波量測的頻譜範圍設定更為放寬與加大。



智慧建築的建築管理系統



智慧建築的開關插座



智慧建築的總電源開關

圖3-31 智慧建築的電磁波熱點照片

資料來源：本研究整理



使用金屬線盒的電磁波比較



智慧建築的電力佈線

圖3-32 智慧建築使用具有屏蔽性能的金屬管件與金屬配線盒

資料來源：本研究整理



## 第四章 電磁波與人體健康

### 第一節 電磁波對人體健康的影響

#### 4-1.1 電磁波對人體的危害

電磁波對人體產生的負面影響，可能與電磁波強度、接觸時間、距離與是否有防護措施等因子相關。雖然低頻電磁波的輻射能量較低，但長期暴露在其環境下，產生的生理干擾或人體健康危害風險是可能存在的。由各種環境醫學的相關研究顯示，電磁波污染對人體健康的危害或影響表現可能如下：

1. 對人體中樞神經系統的影響：人體神經系統對於電磁波的作用反應較為敏感，可能造成神經衰弱症候群，產生如頭昏、頭痛、記憶力減退、睡眠障礙（失眠、多夢或嗜睡）、易怒、多汗、心悸等症狀。少數人對電磁波過度敏感，甚至有電磁過敏症（Electromagnetic Hypersensitivity, EHS）之生物反應現象，已成為醫學研究的新課題。瑞典官方也已承認電磁輻射敏感症，並統計約有 2%到 5%的人口有此症狀。電磁輻射敏感症的症狀：頭痛、頭昏、耳鳴、皮膚癢、眼睛痠澀、噁心、疲勞、肌肉痠痛、循環不良、心悸、胸悶、煩躁、沮喪、精神不集中，內分泌失調、睡眠品質不佳。
2. 對人體免疫系統的影響：人體白血球在電磁輻射長期暴露環境下，其吞噬細菌能力與抗體產生均有明顯抑制作用。
3. 對心血管系統的影響：可能造成血液動力學失調，造成心律不整、心跳緩慢等症狀，使冠狀動脈與心臟疾病發生率提高。
4. 對視覺系統的影響：眼球組織含水量高，易吸收電磁波輻射，並造成眼球溫度容易升高，損害眼角膜，使水晶體混濁，並容易導致白內障或視覺障礙。

5. 對生殖系統與遺傳的影響：電磁波污染會造女性月經混亂與男性睪丸功能受影響，長期受到微波輻射可能影響其生殖能力或造成畸形兒的發生。
6. 電磁波可能會致癌：大部分的動物實驗顯示，電磁波輻射會促使癌症的發生率提高。與人體致癌相關性最有名的案例為前蘇聯為了監聽英國駐蘇聯大使館的通訊聯絡，使用高功率的微波設備對大使館放送。使得大使館內的工作人員長期暴露在較高的電磁波環境中，因此大使館內人員多人白血球偏高，並有 15 人罹患癌症，較一般正常人癌症發生率偏高。

由於電磁波的長期健康風險目前尚屬於研究未定論階段，前述電磁波對人體健康的影響與可能致癌的表述，僅為部分研究者與科學團體的研究成果。尚有部分政府機構或科學團體發表不同的論點，認為電磁波對人體健康的風險尚屬於證據有限，不足以確立其關連性。根據世界衛生組織國際癌症研究總署(IRC)的分類，電磁波目前屬於『可能會致癌的物質 2B』，亦即現有資料或數據無法完全證明或結論性的排除可能性，但危險性遠低於檳榔、尼古丁等物質，且是否真會導致癌症，又人體需暴露到多少程度才會罹癌，國際間仍無定論。雖然電磁波污染對人體健康的影響目前學術界並無法完全證明其關連性，但亦無法完全排除其『潛在』風險的可能性。從風險預防與環境醫學的角度來討論，提供使用者一個健康與安心的居住環境，任何對人體健康有潛在風險疑慮的因子，都應該盡量避免之。減少電磁波污染的環境風險就是替未來身體健康多買一份保險。尤其現代人有睡眠障礙的比例非常高，從研究團隊過往的研究經驗中，適當改善受測者睡床周邊的電磁波環境，大部分受測者即可得到大幅度睡眠品質的改善，因此室內電磁場環境與人體健康之影響的確是值得研究的前瞻課題。

#### 4-1.2 極低頻電磁波對人體健康的影響

電磁波一般可區分為高頻電磁波與極低頻電磁波。高頻電磁波如手機通訊、基地台發射、無線上網(WiFi)、廣播電台發射、雷達、無線電話、微波爐等，

隨著無線通訊設備大量普及與傳輸技術進步，生活周遭基地台的涵蓋範圍越大與功率越強，幾乎所有人都難逃其影響（本研究暫不討論高頻電磁波的部分）。低頻電磁波主要來自生活周遭中的電力設施與家電用品等帶有電流之類的物品，如變電所、高壓電輸送電纜、配電盤、變壓器與各種家電設備等。極低頻電磁波的來源與建築物用電設備息息相關，是本研究探討的主要對象。一般家庭電器使用的60Hz電力，所產生的電磁場屬於極低頻電磁場；儘管頻率極低、能量不強，研究調查指出極低頻電磁場也會對人體產生影響：

2007年8月底，「電磁波風險評估報告」的結論指出，極低頻電磁輻射的危害，除白血病外，如兒童癌症也可能與暴露於電磁場有關。在芬蘭的研究發現，住處屋外有極低頻輻射強度大於50 Hz，發生憂鬱症的風險顯著升高，又發現住處距離高壓纜線不到一百公尺的人，罹患重度憂鬱症的風險激增了470%。

美國華盛頓大學賴博士和辛格博士研究顯示，老鼠只要曝露在電磁輻射中兩小時，腦細胞DNA鏈斷裂比例增加，他們再使用更低的電磁場實驗，曝露在一般檯燈的電磁場中，腦細胞DNA斷裂一樣增加，而且還發現曝露結束後，老鼠大腦的腦細胞DNA鏈斷裂情況會持續數小時。換句話說，曝露於電磁場的損害同時會引發連鎖效應，曝露結束後，腦會繼續產生傷害。

南加州大學索貝爾教授在加州和芬蘭進行疫學調查發現，暴露在電磁波環境當中，阿茲海默症的罹患率會增加3.3~7倍，女性則為3.7倍；故阿茲海默症女性患者的職業也頗耐人尋味，以職業來看，會增加為3.3~7倍，發病率最高的是洋裁業或縫紉業。換言之，一整天在電動縫紉機前工作，曝露在馬達所產生的有害電磁波中，就會造成這種情形。

瑞士研究人員使用2000年-2005年死亡率數據分析，調查發現於高壓電纜線路沿路住家和阿茲海默症的疾病關聯性，距離高壓電纜線50公尺以內的人，罹患老人痴呆症的比距離600公尺以上的人高出24%，同時也發現曝露年數增加，罹患阿茲海默症的風險也升高，住在高壓電纜線五年以上的人，罹患的機率比平均罹患疾病的風險高出50%，居住十年的人風險則是一般人的兩倍。

在美國也發現特定職業曝露於電磁場的風險，俄亥俄州美國國家職業安全與健康研究小組發現特定職業罹患阿茲海默症風險較高，如銀行員、牧師、飛機機械工程師、美髮師等罹患阿茲海默症的風險最高，因長時曝露在 60Hz 的電磁場中的人，罹患阿茲海默症及帕金森氏症增加 87%。

貝瑞威爾遜博士在太平洋西北實驗室和蒙大拿大學研究小組，探討極低頻電磁場與褪黑激素的關聯性，招募 28 位受測者在晚上睡覺使用電熱毯持續八周，發現 1/4 的受測者褪黑激素出現顯著變化，威爾遜博士認為，極低頻電磁場會影響松果腺的功能，而褪黑激素可以調整生理時鐘、改善睡眠、抗自由基、抗老化，此外也與免疫系統有關。

瑞士非游離輻射辦法說明 (Ordinance relating to Protection from Non-Ionizing Radiation, ONIR) 指出，國際非游離輻射防護委員會 (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP) 針對源自於電力設施、家用電器的極低頻電磁場，設下 1 千 mG 瞬間限制值，可以避免肌肉、心肌產生不適的攣縮，避免神經、腦部產生錯誤脈衝。

流行病學的數據指出，長期暴露在 1 至 3mG 以上的極低頻電磁場環境中，易導致血癌。世界衛生組織 (WHO) 所屬的國際癌症研究署 (IARC) 證明，長期處於電磁輻射在 3 至 4 mG 住宅中，兒童罹患白血病的風險增加為兩倍，並將極低頻電磁場歸類為「可能致癌物」。WHO 於 2007 年公布的 322 號專文 (Criteria Monograph No 322)，提出不能排除極低頻電磁場有影響兒童癌症的可能。

美國加州政府歷經多年、耗資 7 百多萬美金的研究，於 2002 年提出，長期曝露於極低頻電磁場，易罹患白血病、流產、運動傷害、腦瘤，甚至增加自殺傾向。

2016 年由歐洲環境醫學學會發表於國際期刊指出：慢性疾病和非特异性症狀的疾病正呈上升趨勢，醫師面臨越來越多原因不明的健康問題；除了社會和工作環境的慢性壓力，在家中、工作中及休閒活動時的物理性和化學性曝露，是值得來重視和研究。未來有必要將如電磁場 (EMF) 之類的「新風險」考慮在風險因子之內。



## 第二節 電磁波人體試驗

### 4-2.1 自律神經功能

人體的周邊神經系統可分為體神經及自律神經兩種；體神經可由人的意識來主動指揮控制，進行日常清醒的行走、進食、說話等，但只佔人體總神經活動的10%，其餘90%的神經活動是自律神經管控的。自律神經是人體一切活動的信息傳導途徑，自律神經系統分為交感及副交感神經系統；兩者都是被外在環境及自身的感官和情緒所左右，交感及副交感神經系統操控人類的心跳、血壓、體溫、腸胃蠕動、排汗、排尿、內分泌、新陳代謝、性行為等等，這些都不是意志力所能控制的，而是身體自然感受到的需求，並即時做出的反應。

交感神經是在運動時或白天是比較佔優勢的，它能夠促進分泌腎上腺素，促使心跳加快、呼吸加速、胃腸蠕動變慢、體溫上升、流汗、血壓升高等，導致身體活動力增加，以便應付外來的緊急狀況，例如：壓力、焦慮、緊張、恐慌等等。副交感神經則與交感神經相反，它是在用餐或休息時佔優勢的神經，能夠促進乙醯膽鹼分泌，能使心跳變慢、呼吸緩慢、血壓下降、促進消化液的分泌或排泄作用、促進血液循環，使身心放鬆，活動力降低，並且配合身體休息與睡眠的狀態，副交感神經能抑制交感神經過度興奮，平衡自律神經。

導致自律神經失調的原因很多，一般以壓力及長期服藥最常見，而壓力也來自身心壓力及環境壓力；以上都會造成交感神經興奮，並刺激腎上腺素分泌，增加身體的負擔；反之，長期自律神經失調易衍生許多疾病。現代工商業社會，人們常因為工作與生活壓力過大而出現許多文明病，除了本身的壓力之外，外在環境也會形成壓力，曝露在不利的電磁場中，也是環境壓力的來源之一。

### 4-2.2 心率變異性與健康

心率變異(heart rate variability HRV)，就是心率的變動，為什麼測量心率的變動能夠得知自律神經功能(交感和副交感神經活性)?又為什麼能成為壓力指標呢?

正常的竇性心跳速度並不是相同不變的，因交感與副交感神經連結著心臟的節律器，以控制心跳速率的加快與變慢；由於交感與副交感神經控制心臟的方式不同，影響心率的變動型態也有所不同，交感神經活性對心臟是持續且緩慢的作用，如同踩油門後，車子持續加速的過程；而副交感神經對心臟的作用，則是間歇且快速的作用，如同踩著煞車，能快速的減少車子的速度。

心率變異為什麼能成為壓力指標呢？因為壓力反應能造成自律神經活性的改變（交感活性上升/副交感活性下降），心率變異所分析的數據，就能反應交感神經與副交感神經活性的改變。

由歐洲心臟學會（European Society of Cardiology）及北美心律及電生理學會及所成立之特別工作小組，於1996年公佈了『心率變異性之量測、生理意義、及臨床用』之國際標準。這個由十七位國際心臟及生物物理學家所組成的工作小組，首次將心電圖的心跳與下一個心跳間之時間間距不是一成不變的，而是隱藏著規律性的變化。兩個同具平均心跳72次（心率）的人，極有可能在心率變異性上發生很大差異。利用心電圖（通常在手腳或胸部貼上電極片量測），可以精確地測到心電訊號，並計算出R-R間距（R峰為心電波型之主峰）、心率及心率變異性（即R-R間距之標準偏差）。心率變異性除了可以一般時間範圍分析（Time Domain Analysis）算出心率平均值及標準偏差外，還可以頻譜分析（Frequency Domain Analysis）計算出特定頻率範圍之功率。自律神經檢測功能評估--（HRV）心律變異，乃由心律的變異性來評估自律神經功能的活性，藉由人體交感副交感神經活性的比值，來評定人的身心壓力，此套方法也可以用來評估慢性病治療癒後的參考，換言之藉由HRV的檢測來評估環境電場對人體身心壓力的影響是有其參考性的。

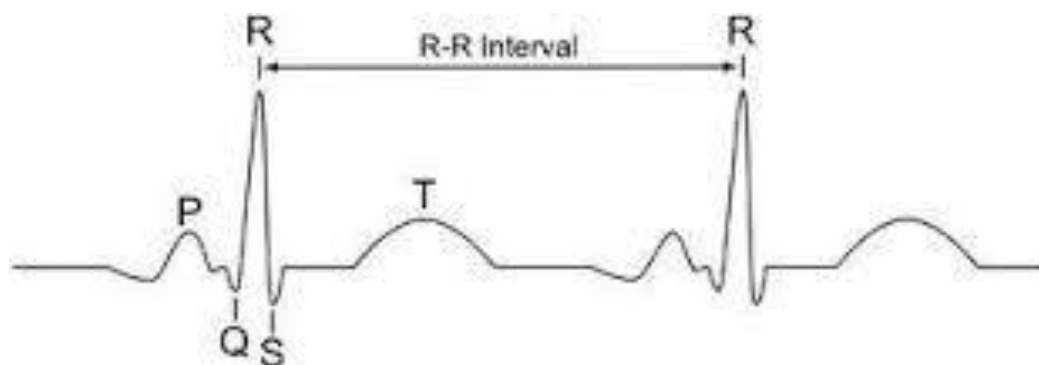


圖4-1 心率變異曲線圖

為了研究電磁環境對人體健康影響，本研究採用ANSWatch心律大師腕式生理監視器，ANSWatch心律大師腕式生理監視器可同時量測心跳、血壓、自律神經，在臨床及居家應用上都是一個既方便又準確之醫療器材。ANSWatch心律大師腕式生理監視器是結合國內外醫學研究團隊（包括工業研究院生醫工程中心、三軍總醫院、慈濟醫學院、美國猶他州 Medical Physics Corp.、美國猶他州 Center for Performance and Longevity、美國奧克拉荷馬州 Lynn Health Research Institute及美國猶他州 Sun Scientific Corp.），利用動物及人體試驗證實心率變異性及自律神經系統活性可透過手腕橈動脈之血壓波型測得。心電圖（ECG）量測的是心肌釋放出來的電波，而心律大師腕式生理監視器量測的則是描述血壓波型的壓力，利用獨特的生物壓電感應器，將手腕橈動脈的血壓波型（即醫師把脈之處）轉換成電壓，再經過過濾、放大及分析等演算過程，可以精確地測得HRV（心率變異）及相關之自律神經活性指標；心率變異性除了可以一般時間範圍分析（Time Domain Analysis）算出心率平均值及標準偏差外，還可以頻譜分析（Frequency Domain Analysis）計算出特定頻率範圍之功率。在生理學上，ECG所量測的電波訊號（驅動心臟打血之訊號）為上游指標，而ANSWatch心律大師腕式生理監視器所量測之血壓訊號（心臟輸出血液之訊號）則為下游指標，而兩者所量測的心率變異性都是來自調解心率的自律神經系統。採用ANSWatch心律大師腕式生理監視器進行環境實地比對，測人體在低頻電磁波環境影響下之身心壓力評估，藉由此研究找出電磁波與居住環境的影響。



圖4-2 腕式生理監測器（心率變異性評估）

#### 4-2.3 人體試驗申請與教育訓練

為了順利進行電磁波與人體健康影響的研究，本研究於106年5月底向聯合人體試驗委員會申請進行人體研究試驗，並於6月26日通過「人體試驗委員會」審查。本案研究團隊相關人員均參與106年06月10日財團法人醫學研究倫理基金會與國泰醫療財團法人國泰綜合醫院合辦之人體試驗研究倫理講習班-醫療器材認證，並取得含認證考試及格8小時之「訓練證明」。訓練內容包括『醫療器材臨床試驗簡介』、『醫療器材臨床試驗的風險與利益評估』、『醫療器材臨床試驗主持人須知與責任』、『醫療器材管理法規與架構』、『醫院IRB針對醫療器材臨床試驗案之審核及監控作業流程與經驗分享』及『執行醫療器材人體試驗計畫注意事項及送審說明』課程。

**JIRB** Joint Institutional  
Review Board  
聯合人體試驗委員會

No. 5-1, Lane 331, Sec 2, Shih-Pai Road  
Taipei 11217, Taiwan(R.O.C.)  
Tel : 886-2-28737133 Fax : 886-2-28737136  
E-mail : jirb@jirb.org.tw  
Medical Research Ethics Foundation

11217 台北市北投區石牌路 2 段 331 巷 5-1 號  
Tel : 886-2-28737133 Fax : 886-2-28737136  
E-mail : jirb@jirb.org.tw  
http://www.jirb.org.tw  
財團法人醫學研究倫理基金會

**同意人體研究/臨床試驗證明書**

日期：2017 年 6 月 26 日

試驗名稱：室內電磁環境對人體健康之影響與對策評估。  
本會編號：17-S-007-1  
試驗總主持人：開南大學養生與健康行銷學系 廖子源助理教授  
計畫書版本：106 年 6 月 7 日  
受試者同意書版本：106/06/23  
追認會期/日期：第三五五次 / 二〇一七年七月廿一日  
核准期限到期日：二〇一八年七月廿日  
研究起迄期間：2017 年 6 月 1 日至 2017 年 12 月 31 日  
附加建議：無  
試驗機構：開南大學

**Certificate of Approval**

The following documents have been submitted for review.

**Protocol Title:** The electromagnetic waves in the indoor environments affect on humans and the tactics for evaluation.

**JIRB No.:** 17-S-007-1  
**Chief Principal Investigator:** Dr. Tzu-Yuan Liao  
(Department of Health Wellness and Marketing, Kainan University)  
106 年 6 月 7 日  
**Protocol Version:** 106/06/23  
**Informed Consent Form:** 355th / Jul/ 21/ 2017  
**Board Meeting/ Approval Date:** Jul/ 20/ 2018  
**Expiry of Approval Date:** Jun/ 1/ 2017 – Dec/ 31/ 2017  
**Proposed Study Period:** NA  
**Additional Comment(s):** Kainan University  
**Trial Site(s):**

Chairman  
Joint Institutional Review Board  
Taiwan R.O.C.

本會組織與執行皆符合 ICH-GCP  
The Joint Institutional Review Board performs its functions according to written  
operating procedures and complies with GCP and with the applicable regulatory requirements.

圖4-3 同意人體研究試驗證明書

資料來源：本研究整理



財團法人醫學研究倫理基金會  
Medical Research Ethics Foundation

證書編號：20170610-69

## 訓練證明

茲證明 廖子源 君(身分證字號前五碼 M1000\*\*\*\*)參加 2017 年 6 月 10 日由財團法人醫學研究倫理基金會與國泰醫療財團法人國泰綜合醫院聯合舉辦之「人體試驗研究倫理講習班~醫療器材」，共計 8 小時(含認證考試及格 2 小時)，特此證明。

課程與講師：

醫療器材臨床試驗簡介	財團法人醫藥品查驗中心 鄭淑娟 醫師/審查員
醫療器材臨床試驗的 風險與利益評估	臺北榮民總醫院醫學研究部 陳筆文 醫師
醫療器材人體試驗 主持人需知與責任	臺北榮民總醫院 何橈通 教授
醫療器材管理法規與架構	食品藥物管理署醫粧組 吳正寧 科長
醫院IRB針對醫療器材臨床試驗案 之審核及監控作業流程與經驗分享	三軍總醫院 人體試驗審議會行政管理中心 張芳維 主任/醫師
執行醫療器材人體試驗計畫 注意事項及送審說明	食品藥物管理署醫粧組 陳德軒 審查員

# 何橈通

財團法人醫學研究倫理基金會  
董事長

中 華 民 國 106 年 6 月 10 日

圖4-4 人體試驗研究倫理講習訓練證明書

資料來源：本研究整理



### 第三節 人體試驗流程

#### 4-3.1 規劃電磁場檢測環境

本研究於頻率60Hz的交流電環境，將實驗空間設計為插座接地及插座無接地，插座有接地時電磁場0.3mG，低頻電場0-2V/m；插座無接地時電磁場0.3mG，低頻電場30-40V/m。實驗空間溫度空調27度。

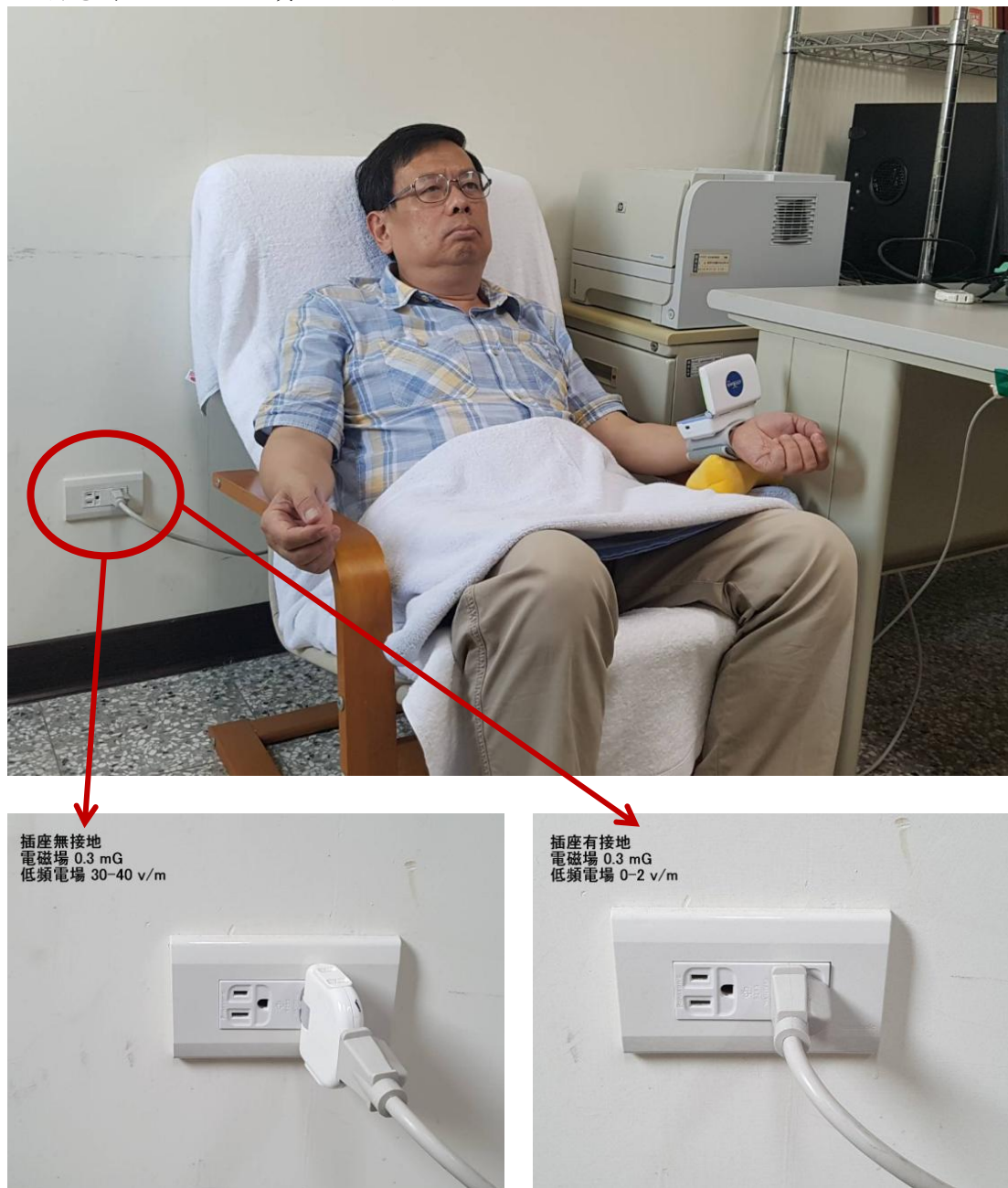


圖4-5 檢測空間環境設置圖

資料來源：本研究整理

### 4-3.2 受測者條件

為使實驗具有代表性，並剔除易受電磁波干擾與潛在風險的樣本，本研究將受測者條件設定要求如下：

1. 20 歲以上，70 歲以下，男女不拘。
2. 排除心腦血管疾病、身心障礙者、心律不整者、裝有心臟節律器者、孕婦等。
3. 檢測前應有充足之睡眠，放鬆心情，並禁止飲用茶、咖啡、酒類等刺激性飲食。

### 4-3.3 檢測流程

本人體試驗檢測流程說明如下：

1. 向受測者說明檢測源由及受測者權益，並簽屬「研究參與者同意書」（請參考附錄1）。
2. 受測者在實驗室先休息放鬆十分鐘以上。
3. 將手機靜音或關機，放在架上以免干擾。
4. 輕鬆坐在檢測椅子上。
5. 將ANSWatch心律大師腕式生理監視器套在左手腕上進行檢測。
6. 使用插座無接地與插座有接地時，隨機測試。
7. 同一受測者在使用插座有接地與插座無接地前後比對，受測間隔十五分鐘。
8. 若受測者有任何不適，立即終止檢測。



## 第四節 研究結果分析與討論

本研究共收51位受測者，其中男性22人、女性29人，年齡層於20~29歲有26人、30~39歲有3人、40~49歲有6人、50~59歲者有8人、60~70歲者有8人。

檢測後經「配對t檢定」結果，血壓收縮壓  $P=0.944819$ 、舒張壓  $P=0.440416$ 、心跳  $P=0.403281$ 、副交感活性〈HF〉 $P=0.159304$ ，以上結果顯示 $P$ 值 $>0.05$ ，在使用插座無接地和有接地時，血壓、心跳及副交感活性〈HF〉無明顯差異性變化；而自律神經功能總活性〈HRV〉 $P=0.003050$ 、交感神經活性〈LF〉 $P=0.000934$ ，兩項 $P$ 值 $<0.05$ ，皆有明顯差異性變化。

從以上的實驗數據中，我們發現自律神經總活性(HRV)及交感神經活性(LF)有明顯的變化，此項變化應來自於環境電場的變化，而自律神經因為要應付環境電場的變化，而使交感神經產生興奮，也影響到自律神經總活性的增加。至於受測者血壓及心跳雖無明顯差異，但受測者血壓及心跳因需考量年齡、疾病、身體機能、血管硬度等干擾因素，宜長時間觀察研究，影響心率變異性的原因除了研究時間的限制外，也可能因為受測者的年齡、健康程度、測量時的情緒表現等都會影響研究結果。

人類在生存中自律神經有調控的能力，尤其對健康的人來說，它對環境的適應能力也來自於自律神經的調控，所以說為什麼我們檢測時，發現有些人在電磁場環境中有明顯的變化，有些人只有些微的變化，但是我們做此項實驗檢測，僅限短時間前後的檢測比對，不是長時間的觀察，所以無法下結論，認為電磁波對人體健康有妨害；至於是否會影響健康，是需要長時間的觀察統計才能下結論。

針對此次我們做有關電磁環境對身心健康的探討，是採用電器用品插座有接地與無接地時的電磁場來研究，此項結果也印證插頭有接地的電器用品，加上建築物的插座也有三孔配置，基本上電場幾乎是零，對自律神經的影響也較不明顯。在歐美國家的電器用品插頭大都是三插的，而國內目前的電器用品插頭三插的不多，目前建築法規已有電器插座要有接地的規範，但電器用品電源插頭有設計三插接地的還不普遍，此一觀念的普及值得深思探討。對電磁波的防護之道，除了「保持距離，以策安全」外，最好使用電器用品時，電源插頭與插座皆有正確的接地裝置，讓文明帶給我們方便性，又能兼顧健康。

表4-1 HRV(心率變異)檢測分析表

ID	性別	年齡	時間	插座 接地	收 縮 壓	舒 張 壓	心 跳	HRV	LF %	HF %	LF/HF	LF	HF
黃 001	男	21	6/28	有	117	70	70	58	64	36	1.7	468	263
				無	112	69	71	58	65	35	1.8	823↑	443
丁 002	女	20	6/28	有	96	68	70	54	57	43	1.3	727	548
				無	100	64	70	60	59	41	1.4	1027↑	713
吳 003	女	20	6/28	有	116	74	71	36	48	52	0.9	425	460
				無	105	70	73	44	51	49	1.0	523↑	502
劉 004	女	20	6/28	有	94	69	79	47	38	62	0.6	443	722
				無	91	64	71	55	49	51	0.9	581↑	604
楊 005	男	23	6/28	有	117	75	71	66	57	43	1.3	1203	907
				無	111	72	67	87	64	36	1.7	1675↑	942
羅 006	女	56	6/28	有	113	72	73	39	43	57	0.8	249	330
				無	117	74	71	35	47	53	0.9	295↑	332
劉 007	女	22	6/29	有	95	70	86	27	63	37	1.7	126	74
				無	94	66	79	38	69	31	2.2	249↑	111
廖 009	男	22	6/30	有	116	70	68	61	43	57	0.7	539	714
				無	98	69	71	56	68	32	2.1	816↑	384
吳 011	女	21	6/30	有	100	64	75	34	39	61	0.6	294	459
				無	99	64	75	34	63	37	1.7	509↑	298
葉 013	女	23	7/3	有	98	66	75	53	52	48	1.0	524	483
				無	95	66	73	82	61	39	1.5	1124↑	718
范 014	男	24	7/3	有	111	77	71	46	34	66	0.5	458	889
				無	110	74	68	48	37	63	0.6	578↑	984
蔡 015	男	22	7/3	有	115	72	91	36	80	20	4.0	600	150
				無	117	74	91	41	83	17	4.8	697↑	142
李 010	男	21	7/5	有	106	70	79	41	83	17	4.9	361	73
				無	110	70	79	44	79	21	3.8	339↑	90

ID	性別	年齡	時間	插座 接地	收 縮 壓	舒 張 壓	心 跳	HRV	LF %	HF %	LF/HF	LF	HF
陳 016	男	21	7/5	有	106	69	73	47	66	34	1.9	790	406
				無	111	70	77	60	73	27	2.7	2334↑	863
黃 017	女	20	7/5	有	111	74	83	32	15	85	0.2	106	600
				無	116	72	86	31	19↑	81	0.2	77↓	328↓
曹 020	男	49	7/10	有	127	79	70	34	55	45	1.2	296	242
				無	105	74	67	36	68	32	2.1	640↑	301
潘 021	男	34	7/11	有	116	77	79	33	53	47	1.1	191	169
				無	112	72	71	49	73	27	2.7	1228↑	454
歐 024	男	25	7/12	有	111	68	67	82	46	54	0.8	811	952
				無	108	72	64	80	64	36	1.8	2567↑	1443
張 025	男	32	7/13	有	121	72	79	51	43	57	0.8	800	1060
				無	126	75	79	34	52↑	48	1.0	400↓	369↓
徐 026	女	57	7/13	有	107	69	83	26	35	65	0.5	48	89
				無	105	70	79	27	40	60	0.7	69↑	103
王 027	男	25	7/17	有	112	70	100	23	46	54	0.9	53	62
				無	100	68	91	30	58	42	1.4	253↑	183
吳 028	女	42	7/18	有	94	63	94	29	79	21	3.8	322	85
				無	96	64	91	31	72	28	2.6	230↓	89
王 029	女	52	7/25	有	120	79	73	47	62	38	1.6	355	217
				無	113	77	67	56	79	21	3.8	1208↑	321
王 030	男	41	7/25	有	117	77	81	23	63	37	1.7	107	62
				無	120	88	81	24	55	45	1.2	101↓	82
游 031	男	48	7/26	有	107	70	91	16	74	26	2.8	107	37
				無	111	70	91	21	72	28	2.6	341↑	132
楊 033	女	22	7/27	有	96	69	81	55	42	58	0.7	560	773
				無	102	66	81	50	49	51	1.0	680↑	707
詹 034	女	28	7/27	有	101	69	77	40	60	40	1.5	388	258
				無	106	70	81	36	70↑	30	2.3	290↓	124↓

室內電磁環境對人體健康之影響與對策評估計畫

ID	性別	年齡	時間	插座 接地	收 縮 壓	舒 張 壓	心 跳	HRV	LF %	HF %	LF/HF	LF	HF
丘 035	女	25	7/27	有	91	63	70	50	52	48	1.0	441	407
				無	96	68	75	48	68	32	2.1	640↑	301
劉 036	女	20	7/27	有	108	72	83	34	61	39	1.6	243	155
				無	116	74	83	40	41	59	0.7	394↑	566
吳 037	男	58	7/27	有	134	96	75	22	40	60	0.7	53	79
				無	134	94	73	24	47	53	0.9	69↑	77
徐 038	女	53	7/31	有	117	75	73	21	31	69	0.4	52	115
				無	105	72	75	22	51	49	1.0	107↑	102
陳 039	男	62	7/31	有	130	77	71	26	48	52	0.9	92	99
				無	137	79	73	27	57	43	1.3	144↑	108
張 040	男	54	8/10	有	116	75	83	28	77	23	3.3	135	40
				無	116	79	81	43	71	29	2.4	459↑	187
杜 042	女	48	8/12	有	107	90	75	32	70	30	2.3	299	128
				無	98	68	81	29	59	41	1.4	178↓	123
林 043	女	40	8/12	有	111	72	88	50	31	69	0.4	351	781
				無	101	74	91	40	46	54	0.9	545↑	639
楊 044	男	66	8/15	有	107	66	73	26	34	66	0.5	84	163
				無	115	66	71	29	31	69	0.4	122↑	271
呂 045	女	65	8/15	有	119	77	61	23	67	33	2.0	118	58
				無	123	88	63	19	77	23	3.3	135↑	40
余 046	男	53	8/18	有	115	74	79	19	58	42	1.4	56	40
				無	111	72	75	26	66	34	1.9	98↑	50
孫 047	女	57	8/22	有	126	92	70	54	75	25	3.0	1130	376
				無	140	88	67	54	69	31	2.2	1089↓	489
謝 049	女	64	8/22	有	131	94	100	48	49	51	1.0	371	386
				無	157	79	88	63	46	54	0.9	383↑	449

ID	性別	年齡	時間	插座 接地	收 縮 壓	舒 張 壓	心 跳	HRV	LF %	HF %	LF/HF	LF	HF
陳 050	男	70	8/22	有	140	75	75	44	72	28	2.6	251	97
				無	131	74	75	44	73	27	2.7	407↑	150
連 051	女	21	8/28	有	103	70	71	52	69	31	2.2	567	254
				無	105	70	71	55	70	30	2.3	620↑	265
王 053	女	66	8/29	有	111	74	86	19	55	45	1.2	46	37
				無	106	70	88	13	60↑	40	1.5	28↓	18↓
許 054	男	69	8/29	有	116	75	75	12	29	71	0.4	24	58
				無	130	90	79	15	37	63	0.6	34↑	134
黃 055	女	66	8/29	有	100	68	75	27	27	73	0.4	75	202
				無	102	69	75	24	33↑	67	0.5	54↓	109↓
陳 056	女	22	9/11	有	98	69	83	52	25	75	0.3	372	1116
				無	103	69	88	48	29	71	0.4	411↑	1006
許 058	女	22	9/11	有	98	64	77	43	55	45	1.2	435	355
				無	100	66	71	59	44	56	0.8	508↑	646
林 059	女	21	9/11	有	99	66	60	49	57	43	1.3	736	555
				無	101	70	71	60	47	53	0.9	1056↑	1190
簡 060	女	22	9/11	有	113	69	67	79	45	55	0.8	1415	1729
				無	112	72	65	91	39	61	0.6	1167↓	1825
吳 062	男	32	10/17	有	123	92	73	37	53	47	1.1	508	450
				無	124	79	79	32	71↑	29	2.4	377↓	153↓
簡 063	女	23	11/7	有	108	69	75	31	14	86	0.2	70	430
				無	112	70	79	47	23	77	0.3	212↑	709

資料來源：本研究整理

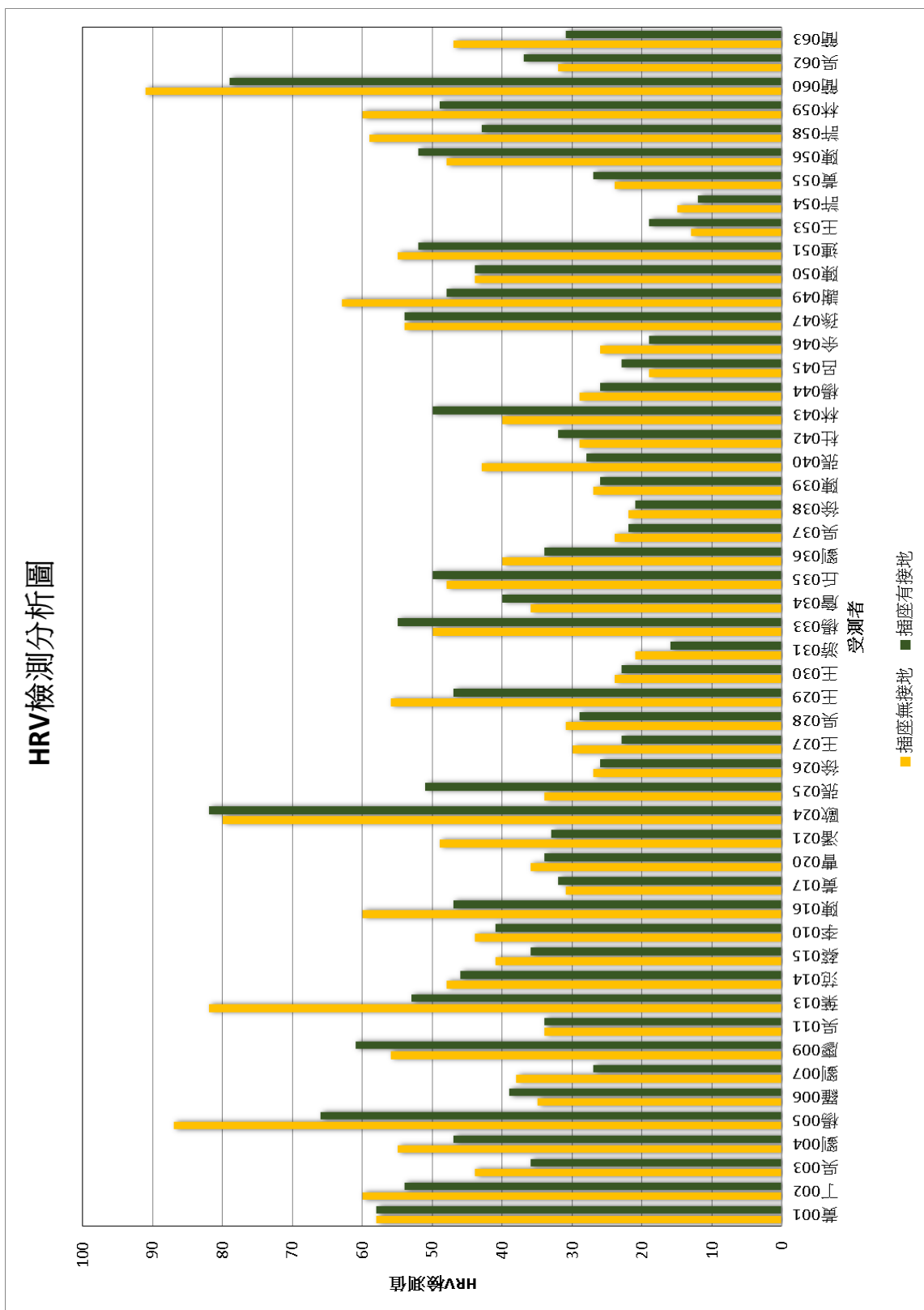


圖4-6 HRV(自律神經功能總活性)檢測分析圖

資料來源：本研究整理

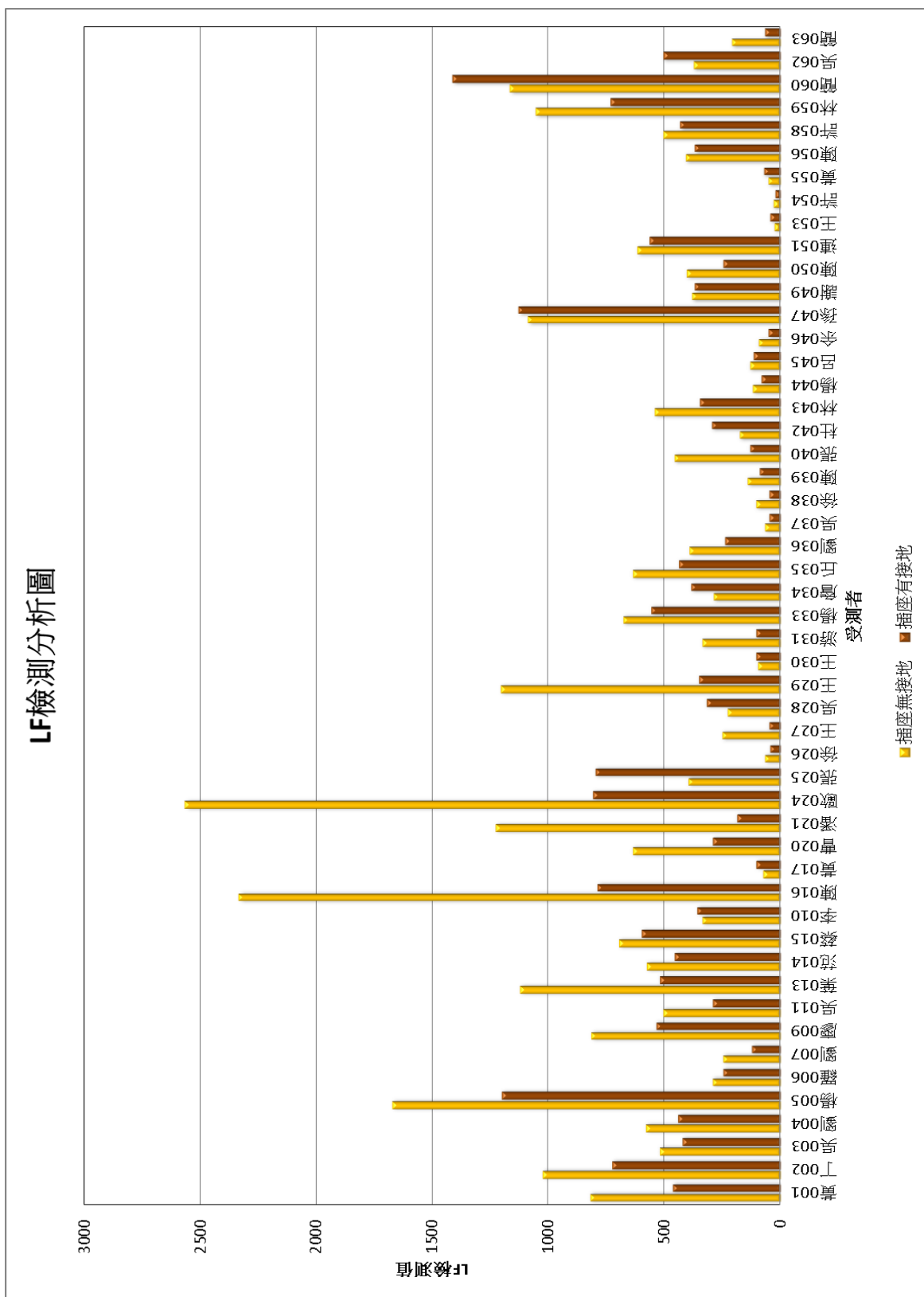


圖4-7 LF(交感神經活性)檢測分析圖

資料來源：本研究整理





## 第五章 電磁波防護

隨著科技的進步與生活水準的提升，大量的電子、通訊、醫療、交通、電力、輸送與電器設備進入我們生活環境當中，所帶來惡化的人造電磁波污染不僅可能對敏感的電子、通信系統或裝置造成干擾，並隱藏著可能對人體健康的潛在威脅。電磁波的健康風險雖然目前尚未有定論，但越來越多國家開始重視日益複雜的人造電磁環境污染與其可能產生的廣泛影響。本章節蒐集整理目前主要的電磁波防護對策與技術，以提供預防電磁波污染、保護人體健康的參考。

### 第一節 建築物室內電磁波防護

#### 5-1.1 建築物電磁波防護目的

隨著行動通訊、交通運輸（捷運、高鐵等）與各類便利的電器產品普及與大量滲透進入人們的日常生活，都市與建築物的用電需求不僅大幅度增加，也伴隨著無所不在的電磁波輻射。建築物室內的電磁波環境也變得日益複雜，甚至受到室外電磁波環境的嚴重干擾。根據本研究先前的調查，建築物戶外的輸配電設備也會對室內的電磁波環境產生量測熱點與影響（案例三）。建築物的主要目的之一是提供居住者一個安全受保護的環境，在電磁波污染越來越受到重視的現代，新時代建築物的設計目標，更多人開始思考如何進行適當的電磁波防護，以保護室內設備的穩定運作與使用者的健康，這也是未來建築物環境控制領域必須重視的時代新課題。建築物電磁波防護設計的目的如下：

1. 防止外部環境有害電磁波入侵
2. 減少建築物內部有害電磁波發射
3. 必要時不影響電磁波的正常應用（WiFi無線傳輸、廣播接收、無線通訊等等）

#### 5-1.2 建築物電磁波防護設計

在電磁波污染的威脅與風險下，為確保使用者長期的健康與安全，建築物進行電磁波防護規劃與設計需考量以下的事項：

1. 訂定電磁波屏蔽的性能目標。不同使用目的的建築物屏蔽需求不一樣，例如重要機敏的軍事設施其在電磁波屏蔽要求的性能可能與實驗室或一般建築物各有所不同。
2. 屏蔽材料的選擇、施工部位與工法評估。不同性能目標所使用的屏蔽層也不同，必要時複層甚至多層屏蔽可提供更高的性能水準。另外台灣多地震，需考慮材料的耐震與變形是否會影響屏蔽效果。對於受日照強烈的空間，材料尚須考慮溫度效應的膨脹變形。
3. 門、窗戶等開口部的屏蔽處理，需包括門縫、絞鍊、門鎖、玻璃、窗框等細部。門窗因為長期開、關或接觸外部惡劣氣候環境可能產生變位、移動、變形、摩擦受損或腐蝕情況，都可能造成性能劣化或導電接觸不良。
4. 完整的建築物接地系統規劃：包括避雷接地、電力系統接地、通信與資訊設備接地等。
5. 電力、通信與各種導線的保護、屏蔽與濾波設備規劃。電力線可考慮以 EMT 等金屬管或具內部屏蔽塗層之塑膠管路保護並利用主動濾波器進行屏蔽，必要時濾波裝置也需進行適當的屏蔽處理。通信線路建議以導波管進行屏蔽，而空調管線可利用金屬網、多孔性導波管等進行屏蔽，可阻止外部電磁污染隨導線管路進入建築物內部。
6. 電力、給排水、空調、通訊等配管貫穿部位的屏蔽處理。
7. 對於內部電磁波發射源的限制與防護。
8. 施工成本、耐久性能、施工難度與工期綜合評估，同時各種電磁波設計都不應該影響建築物內部使用者的安全、舒適與便利性。

## 第二節 居家生活電磁波防護

隨著各種家庭電器與行動通訊設備普及，日常生活的電磁波防護也越來越受到使用者的重視，建議可以參考以下的居家生活電磁波防護對策。

1. 評估室內電磁波污染發生源：一般民眾可能沒有本研究所使用的專業電磁波量測設備，但是坊間所販賣的簡易型的低頻電磁波量測儀器（或監控設備），在不特別要求準確性與頻譜分析等特定功能的條件下，量測的結果仍可以參

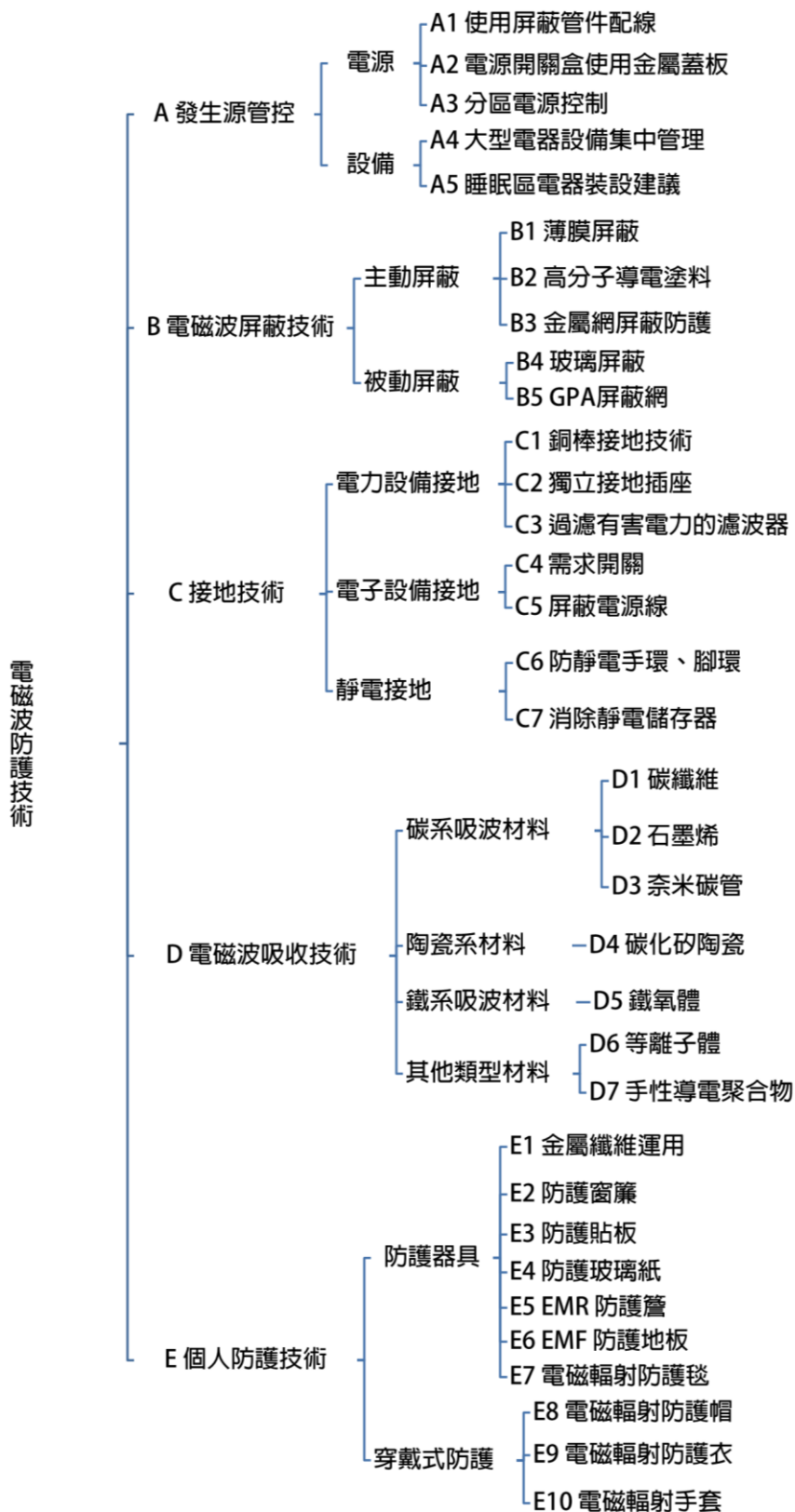
考使用。民眾可以利用簡易型的低頻電磁波量測儀器對居家環境進行電磁波熱點評估，找出電磁波來源並設法迴避（減少暴露風險）。如果沒有相關設備的使用者可以參考第三章的電磁波量測案例，對於建築室內配電盤、可能隱藏的主要電力線管路與各種高電磁波風險的家電進行迴避。

2. 保持距離、以策安全：根據近場電磁波的強度與距離平方成反比的原理，電磁波的影響會因會因為距離的增加而快速降低。所以最簡單的電磁波防護對策就是利用空間加大、保持安全距離來衰減電磁波的影響。加大電磁輻射源與使用者之間的距離，可以縮減影響，這也是一般民眾對於電器使用所產生電磁波，最簡單有效的防護對策。一般電器擺放只要保持離開人體 1.5 米以外，就能降低電磁波對人體的影響，各式充電器在使用時也建議應遠離人體。
3. 選購高品質電器產品：電器產品通常有電磁安檢等規範，可選擇低電磁波的高品質電器廠商的產品，同時電器產品的電源線若為三插式設計，如果能夠將產品有效接地，對於電磁波污染的防範也是相當有效的。
4. 電器避免推疊或集中使用：避免把家用電器過於集中於一處並同時使用，將造成電磁波互相干擾，產生更難以控制的風險，同時器材推疊也容易導致散熱不良、產品運轉不穩定等缺點。另外不宜在臥室等長時間停留的空間安置過多的電器設備。
5. 減少使用時間：使用電腦或觀看電視，建議每隔適當時間起身休息，避免連續使用。使用吹風機時，建議遠離頭部與避免長時間使用。此外盡量避免或減少使用電熱毯類等會與身體密切接觸的電器。電器不使用時，盡可能關閉迴路電源開關（或拔除插座），因為某些電器即使未使用仍有一定待機電力消耗（會產生微弱電流與電磁波），長時間仍有電磁波累積的作用。
6. 加強自我防護安全意識：高電磁波風險人員建議可以搭配適當的個人電磁波防護服裝或防護裝置等物品。

### 第三節 各種電磁波防護技術與原理

本小節將常見的電磁波防護技術分類分項整理，共計有5大類包括：1.發生源管控、2.電磁波屏蔽技術、3.建築物接地技術、4.電磁波吸收技術、5.個人穿戴式防護等共計34項技術，如表5-1所示。使用者可以參考技術名稱選擇適當的電磁波防護技術進行相關防護設計。

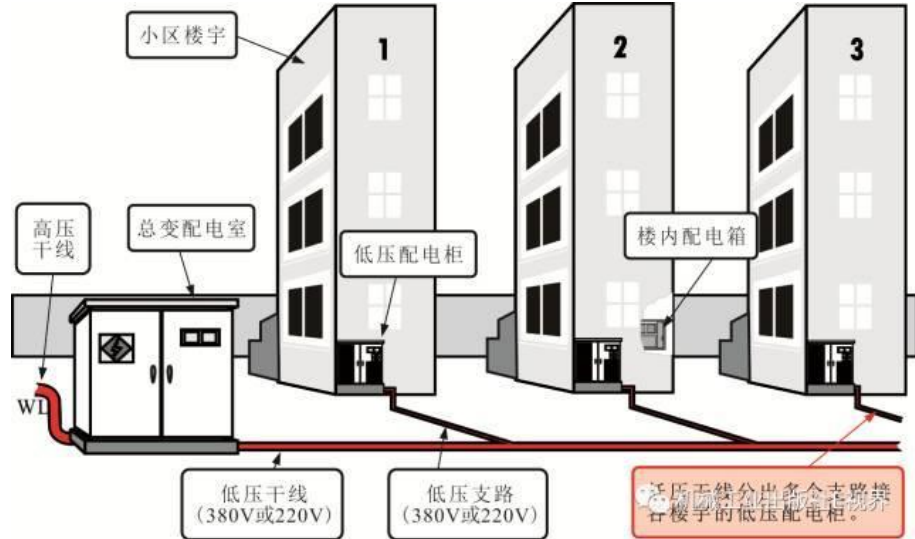
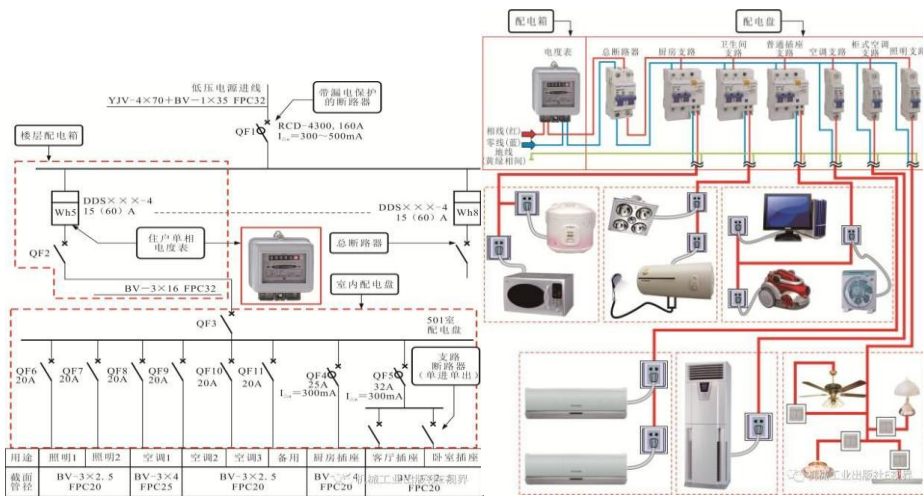
表5-1 電磁波防護技術總表






## 5.1.1 發生源管控

A1 技術名稱：使用屏蔽管件配線	
技術分類	發生源管控-電源
技術原理	<p>電磁屏蔽即利用屏蔽材料阻隔或衰減被屏蔽區域與外界的電磁能量傳播，電磁屏蔽的作用原理是利用屏蔽體對電磁能流的反射、吸收和引導作用，其與屏蔽結構表面和屏蔽體內部感生的電荷、電流與極化現象密切相關。屏蔽按其原理分為電場屏蔽、磁場屏蔽和電磁場屏蔽，通常所說的電磁屏蔽是指後一種，即對電場和磁場同時加以屏蔽。</p>
實際案例	<p>1. 屏蔽熱縮管是通過特種覆鍍技術在普通熱縮管上形成緻密導電層而製成的，通過加熱使套管熱縮在導電插座與屏蔽電纜的屏蔽層上，可有效提供兩者間的 360 度週嚮導電連接，是消除屏蔽電纜層影響最為便捷的一種方法，尤其適用射頻電纜及高頻多芯電纜的干擾抑制。</p> <p>2. 針對國內市場上屏蔽熱縮管主要為國外產品所壟斷的現狀，國內開發出了與國外產品性能相當的多種規格屏蔽熱縮管及專用屏蔽熱縮管罩，並已具備了批量生產能力，已在多個軍民用產品中獲得了應用。</p> 
資料來源	<p>[1] <a href="https://kknews.cc/zh-tw/tech/yaj89j.html">https://kknews.cc/zh-tw/tech/yaj89j.html</a></p> <p>[2] <a href="http://www.volsune.com">www.volsune.com</a></p>

A2 技術名稱：電源開關使用金屬蓋板	
技術分類	發生源管控-電源
技術原理	<p>電磁屏蔽即利用屏蔽材料阻隔或衰減被屏蔽區域與外界的電磁能量傳播，電磁屏蔽的作用原理是利用屏蔽體對電磁能流的反射、吸收和引導作用，其與屏蔽結構表面和屏蔽體內部感生的電荷、電流與極化現象密切相關，屏蔽按其原理分為電場屏蔽、磁場屏蔽和電磁場屏蔽，通常所說的電磁屏蔽是指後一種，即對電場和磁場同時加以屏蔽。</p>
應用實例	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 電磁屏蔽就是以金屬隔離的原理來控制電磁干擾由一個區域向另一區域感應和輻射傳播的方法。</li> <li>2. 屏蔽一般分為兩種類型：一類是靜電屏蔽，主要用於防治靜電場和恆定磁場的影響，另一類是電磁屏蔽，主要用於防止交變電場、交變磁場以及交變電磁場的影響。靜電屏蔽應具有兩個基本要點，即完善的屏蔽體和良好的接地。</li> <li>3. 電磁屏蔽不但要求有良好的接地，而且要求屏蔽體具有良好的導電連續性，對屏蔽體的導電性要求要比靜電屏蔽高得多，因而為了滿足電磁兼容性要求，常常用高導電性的材料作為屏蔽材料，如銅板、銅箔、鋁板、鋁箔、鋼板或金屬鍍層、導電塗層。</li> </ol> <div style="text-align: center;"> <p><b>产品展示</b> PRODUCT DISPLAY</p>  <p><b>安装展示</b> INSTALLATION DISPLAY</p>  <p>*同类一位单独插座安装方式同上</p> </div>
資料來源	[1] www.linsky.cn

<p>A3 技術名稱：電源分區控制</p>	<p>發生源管控-電源</p>																														
<p>技術分類</p>	<p>1. 大樓供配電線路的規劃設計</p> <p>將外部高壓電線送來的高壓電，經總變配電室降壓後，由低壓電線分配給各低壓支路，送入低壓配電箱，再經低壓配電箱分配給各大樓配電箱，最終為大樓各動力設備、照明系統、安防系統等提供電力供應，供配電系統的設計規劃需要電工人員先對大樓的用電負荷進行周密的考慮，通過科學的計算方法，計算出建築物用戶以及公共設備的用電負荷範圍，然後根據計算結果和安裝需要選配適合的供配電器件和線纜。</p>   <table border="1" data-bbox="422 1758 901 1803"> <tr> <td>用途</td> <td>照明1</td> <td>照明2</td> <td>空调1</td> <td>空调2</td> <td>空调3</td> <td>备用</td> <td>厨房插座</td> <td>客厅插座</td> <td>卧室插座</td> </tr> <tr> <td>截面</td> <td>BV-3×2.5</td> <td>BV-3×2.5</td> <td>BV-3×4</td> <td>BV-3×2.5</td> <td>BV-3×2.5</td> <td>BV-3×4</td> <td>BV-3×4</td> <td>BV-3×4</td> <td>BV-3×4</td> </tr> <tr> <td>管径</td> <td>FPC20</td> <td>FPC20</td> <td>FPC25</td> <td>FPC20</td> <td>FPC20</td> <td>FPC20</td> <td>FPC20</td> <td>FPC20</td> <td>FPC20</td> </tr> </table>	用途	照明1	照明2	空调1	空调2	空调3	备用	厨房插座	客厅插座	卧室插座	截面	BV-3×2.5	BV-3×2.5	BV-3×4	BV-3×2.5	BV-3×2.5	BV-3×4	BV-3×4	BV-3×4	BV-3×4	管径	FPC20	FPC20	FPC25	FPC20	FPC20	FPC20	FPC20	FPC20	FPC20
用途	照明1	照明2	空调1	空调2	空调3	备用	厨房插座	客厅插座	卧室插座																						
截面	BV-3×2.5	BV-3×2.5	BV-3×4	BV-3×2.5	BV-3×2.5	BV-3×4	BV-3×4	BV-3×4	BV-3×4																						
管径	FPC20	FPC20	FPC25	FPC20	FPC20	FPC20	FPC20	FPC20	FPC20																						



	<p>2. 內供配電線路的規劃設計</p> <p>室內供配電系統的設計規劃要從實用的角度出發，儘可能做到科學、合理、安全。</p> <p>首先要考慮到住戶的用電需要，以及每個房間內設有的電器部件數量等，在滿足用戶使用的前提下進行規劃。</p> <p>考慮到家用電器種類較多，因此根據不同家用電器的用電量結合使用環境，將室內配電劃分為 6 條支線，即照明支線、插座支線、廚房支線、衛生間支線、空調器支線、櫃式空調器支線。</p>
<p>應用實例</p>	<p>水平佈線最常用的方法是在天花板吊頂內佈線 具體施工步驟如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 確定佈線路由。</li> <li>2. 沿著所設計的路由，打開天花板，用雙手推開每塊鑲板，多條 4 對線很重，為了減輕壓在吊頂上的壓力，可使用 J 形鉤，吊索及其他支撐物來支撐線纜。</li> <li>3. 假設要布放 24 條 4 對的線纜，到每個插座安裝孔有 2 條線纜。</li> <li>4. 可將線纜箱放在一起並使線纜接管嘴向上，24 個線纜，每組有 6 個線纜箱，共有 4 組。</li> <li>5. 加標註，在箱上寫標註，在線纜的末端注上標號。</li> <li>6. 在離管理間最遠的一端開始，拉到配電盤。</li> </ol>   
<p>資料來源</p>	<p>[1] <a href="https://kknews.cc/home/z3e9xya.html">https://kknews.cc/home/z3e9xya.html</a>                  [2] <a href="http://www.bkjia.com/bxjc/1071907.html">www.bkjia.com/bxjc/1071907.html</a></p>



A4 技術名稱大型電器設備集中管理	
技術分類	發生源管控-設備
技術原理	<p>從電磁波發生源的角度控制環境電磁波的過量風險主要有兩個途徑：一是減少某區域內使用的電磁波發生源的種類及數量；二是限制電磁波發生源的電磁波強度。</p> <p>利用減少數量的方法控制電磁波的過量風險有些不切實際，主要是因為人們生活對於用電設備的依賴日漸增長，與減量方法相互矛盾，因此，較為有效的方法是通過限制設備的電磁波影響範圍，來盡量減少對周遭環境的電磁波影響。</p> <p>如何把用電設備的電磁波影響範圍限制起來，最有效的方法就是集中在一起，像是大樓的受電室、變電站、配電盤等，就是將大型電器集中管理，利用電磁波的強度與距離的平方成反比的規律劃分影響範圍，限制人員進出，再做屏蔽的防護，就能改善周遭的電磁波環境。</p>
應用實例	<p>家中的電器設備種類很多，較大型的電器設備大多集中在廚房，如電冰箱、烤箱、微波爐、飲水機、電磁爐、抽油煙機、電鍋、烘碗機等，這些電器設備集中在廚房除了方便使用外，最大的特點是集中管理，將電磁波影響也集中在廚房裡，因為廚房使用的時間大多不會太長，簡易的距離防護能減少居家環境的電磁波影響。</p> <p>廚房電器集中管理</p>  <p>洗衣機與烘乾機集中管理</p> 
資料來源	<p>[1] 王羅春等，「噪聲與電磁輻射-隱形的危害」</p> <p>[2] 照片來源：本研究整理</p>

A5 技術名稱：睡眠區電器設置建議	
技術分類	發生源控制-設備
技術原理	<p>建築生物評估建議方針(SBM-2008C)是基於預警原則而制訂，人類在睡眠狀態下是最為敏感及脆弱的，而且也是身體進行自我修復和再生的重要時機，這特別是為了睡眠區所遭受的長期風險，基於建築生物經驗及種種關於可行性的知識，並提供一個免於風險的機會。</p> <p>此外，也考慮到科學家的研究及其他建議，依照建議方針提供的建築生物測試方法，可以盡可能地確認、最小化、避免環境中的風險因子，創造免於暴露在風險下的室內生活環境為目的。</p>
應用實例	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 床附近不設置插座：                     <p>在臥室裡的靠近床的牆面不設置插座，電線過電後會形成電場以及磁場，電場會因為水泥或磚塊而有屏蔽的作用，磁場卻沒有辦法屏蔽，靠近床頭的牆面若有電線經過而可能形成磁場的干擾，影響睡眠。</p> </li> <li>2. 床頭不擺放手機或電器：                     <p>不在床頭使用電器或放置手機，有電壓存在，就會有電場，有電流經過，就會產生磁場，要避免電磁波影響睡眠，最簡易的方法就是源離電源，將電器及手機放置離床較遠的位置。</p> </li> <li>3. 冷氣機不設置於床頭：                     <p>冷氣機算高耗能家電，電流大相對的磁場就較高，將冷氣機設置在床頭不僅聲音比較吵，電磁波影響也會比較高，盡量將冷氣機設置在離床較遠的地方。</p> </li> </ol>
資料來源	<p>[1] SBM-2008C</p> <p>[2] <a href="http://www.earth-reading.com/denjihatoha.html">http://www.earth-reading.com/denjihatoha.html</a></p>

## 5.1.2 電磁波屏蔽技術

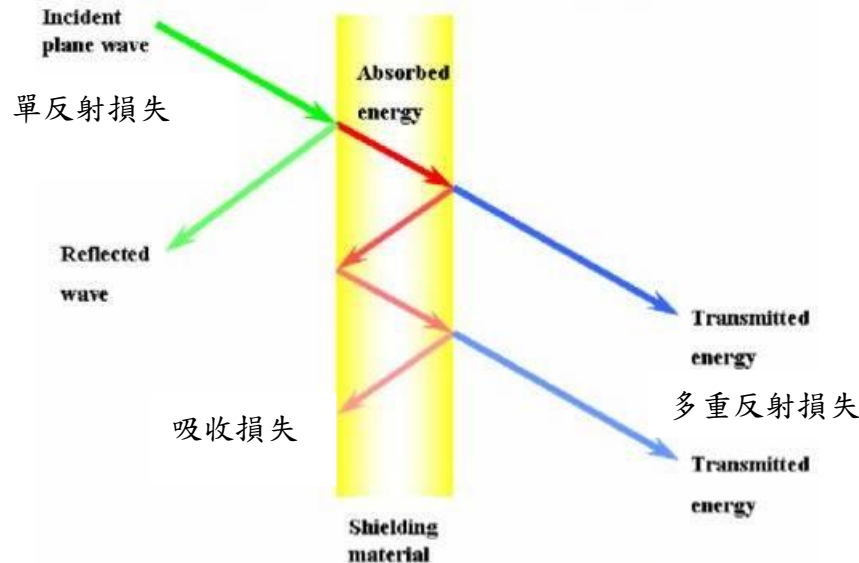
B1 技術名稱：薄膜屏蔽	
技術分類	電磁波屏蔽技術
技術原理	<p>薄膜屏蔽通常是以真空濺鍍(Sputter)或化學電鍍(Plating)方式，在導電貼膠膜材上沉積單層或多層的銀、銅、鎳等導電金屬薄膜，藉此提升導電貼膠膜材料對電磁波干擾屏蔽能力。</p> <p>在考量金屬薄膜材料之可撓性、材料成本與電磁波屏蔽能力等因素下，金屬薄膜沉積厚度約在 0.1~1 <math>\mu\text{m}</math> 之間。</p>
技術對策	<p>一般導電膜的厚度小於電磁波在其內部傳播波長的 1/4，屏蔽效益值在 30~60 dB 之間，具有不錯的屏蔽效果。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>金屬薄膜主要是利用反射之方式產生屏蔽的作用，而因為薄膜厚度太薄因此吸收所造成的屏蔽效應則不考慮。</li> <li>利用 PVD 方法鍍著 300 nm 的 Al 薄膜，其屏蔽效益值約為 48 dB，而 100 nm 的 Ni 薄膜，其屏蔽效益值為 41 dB。</li> <li>多層金屬薄膜方面，200 nm 的 Al/100 nm 的 Ni 雙層膜，其屏蔽效益約為 54 dB，而 100 nm 的 Ni/200 nm 的 Al 雙層膜其屏蔽效益約為 46 dB。</li> <li>選定施作位置。</li> <li>面如有油漬、灰塵污物、模板屑等雜物，須先行去除。</li> <li>將薄膜屏蔽覆蓋需掩蔽建物外觀建物，達包覆作用。</li> <li>完工測試電磁波掩蔽效果。</li> </ol>

<p>應用實例</p>		
	<p>1. 帝寶：小孩房_有配電盤</p>	<p>2. 打開配電盤電磁波高達 19.63mG</p>
		
	<p>3. 在木板隔門上貼附磁場防護貼板</p>	<p>4. 完工後情景</p>
		
	<p>5. 關上木製隔門</p>	<p>6. 經磁場防護貼板屏蔽後電磁波已經降到 0.58mG</p>
<p>資料來源</p>	<p>[1] <a href="https://goo.gl/Zox8zt">https://goo.gl/Zox8zt</a> 材料世界網 [2] <a href="https://goo.gl/3rS9Pt">https://goo.gl/3rS9Pt</a> 摩新國際科技</p>	

B2 技術名稱：高分子導電塗料	
技術分類	電磁波屏蔽技術
技術原理	<p>所謂的高分子 又可稱為聚合物，是指由許多的小分子聚合，而形成有巨大分子量的物質，一般的小分子，分子量大約小於 1000，而高分子的分子量可高達百萬，導電高分子是指高分子本身或其經過摻雜後，具有導電性的高分子材。例如：聚乙炔、聚塞吩、聚比咯、聚苯胺和聚苯等。</p> <p>長期以來，高分子材料通常是作為絕緣材料在電氣工業、安裝工程、通訊工程等方面廣泛使用，但是由於材料的導電性能差，在加工和應用中出現了一些急待解決的問題，最突出的是靜電現象，它將導致感光膠片的性能下降及高分子製品在易燃、易爆場合引起災難性事故。</p> <p>另外為了抵抗電磁干擾和射率干擾，也需解決材料的屏蔽性能，這些都要求高分子材料具有新的導電功能及較低的表面電阻，從而促進導電高分子材料的迅速發展。</p> <p>複合型導電高分子材料是將聚合物與各種導電性物質通過一定的複合方法構成，它包括導電塑料、導電橡膠、導電塗料、導電纖維和導電膠粘劑等。</p>
	<p>一般物質導電率的範圍</p> <p>導體：<math>10^6 \sim 10^2 \text{ s/cm}</math>；半導體：<math>10^2 \sim 10^{-7} \text{ s/cm}</math>；絕緣體：<math>10^{-7} \sim 10^{-16} \text{ s/cm}</math>，而導電高分子的導電率為 <math>10^5 \sim 10^{-13} \text{ s/cm}</math></p> <p>導電漆就是複合式高分子運用於噴塗的一種油漆乾燥後形成漆膜后能起到導電的作用，從而屏蔽電磁波干擾的功能，屏蔽就是對兩個空間區域之間進行金屬的隔離，以控制電場、磁場和電磁波由一個區域對另一個區域的感應和輻射。</p> <p>具體講，就是用屏蔽體將元部件、電路、組件、電纜或整個系統的干擾源包圍起來，防止干擾電磁場向外擴散；用屏蔽體將接收電</p>




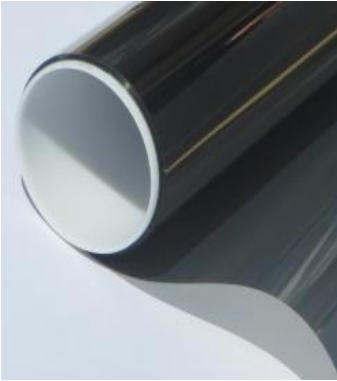

	<p>路、設備或系統包圍起來，防止它們受到外界電磁場的影響，導電漆就是用導電金屬粉末添加於特定的樹脂原料中以製成能夠噴塗的油漆塗料。</p>
<p>技術對策</p>	<p>導電漆因樹脂與添加劑均為特殊成份容易因溫度及攪拌的速度而改變其粘度，攪拌時必須先將桶底之金屬沉澱物挖起，自由下而上進行攪拌，噴漆時必須保證每一個角落噴到，否則漆厚薄不均使電阻上的電流不定向流通。</p> <p>成分：導電漆採用含銅、銀等複合微粒作為導電顆粒，樹脂、金屬粒子、稀釋劑、添加劑，具有良好導電性能的一種油漆。</p> <p>作用：導電漆就是能用於噴塗的一種油漆乾燥形成漆膜後能起到導電的作用，從而屏蔽電磁波干擾的功能。</p> <p>工作原理：導電漆通過噴塗、刷塗的方法，使完全絕緣的非金屬或非導電錶面具有像金屬一樣的吸收、傳導和衰減電磁波的特徵，從而起到屏蔽電磁波干擾的作用。</p> <p>使用特性：當底漆，再上面漆（水溶性），可完全覆蓋，兼具美觀與保護碳漆功能。</p> <p>塗抹面積：建議 7.5 平方公尺，約 2.5 坪，塗愈厚，遮蔽效果愈佳。</p>
<p>應用實例</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 被塗物表面於施作塗裝前應予清潔，所有水份、油漬、污物、鬆散物及其他雜物均須除去。</li> <li>2. 受漆面須完全乾燥，用含水率測濕計偵測，含水率應在 10% 以下。</li> <li>3. 受漆面如有油漬、灰塵污物、模板屑等雜物，須先行去除。</li> <li>4. 受漆面如有浮屑、蜂窩等不平整現象，應先修補平整。</li> <li>5. 塗漆用量須在 0.3kg/m<sup>2</sup> 以上，且不得添加任何稀釋劑，所有表面須均勻噴塗至完全覆蓋為止。</li> </ol> <div data-bbox="892 1104 1396 1503" data-label="Image"> </div> <p>1. 局長室牆壁使用 HSF-54 電磁波屏蔽漆塗裝</p> <div data-bbox="892 1541 1396 1883" data-label="Image"> </div> <p>2. 刷完第二道面漆後 - 完整覆蓋黑色屏蔽漆</p>
<p>資料來源</p>	<p>[1] <a href="https://goo.gl/eGiZvK">https://goo.gl/eGiZvK</a> 百度百科</p> <p>[2] <a href="https://goo.gl/DKN7jK">https://goo.gl/DKN7jK</a> 台灣 WORD 導電漆</p>


B3 技術名稱：金屬網屏蔽防護	
技術分類	電磁波屏蔽技術
技術原理	<p>電磁波經過屏蔽材料會產生三種衰減現象：第一階段為單反射損失，第二階段則為吸收損失，第三階段多重反射損失。</p> <p>如圖所示：</p>  <p>The diagram shows an incident plane wave (green arrow) hitting a yellow vertical bar representing shielding material. A reflected wave (green arrow) is shown on the left, labeled '單反射損失' (single reflection loss). Inside the material, a red arrow indicates 'Absorbed energy' and '吸收損失' (absorption loss). Multiple blue arrows show 'Transmitted energy' and '多重反射損失' (multiple reflection loss) on the right side.</p> <p>單反射損失發生在自由傳播空間與屏蔽材料的交界面上，主要是因為在自由傳播空間與材料表面的阻抗值差異，導致阻抗不匹配，電磁波因而反射回去；吸收損失指的是電磁波在屏蔽材內傳播時，引起磁場變化，使材料表面產生感應電流，使得介質內電阻產生電流熱效應而消耗能量；多重反射損失則多半在很薄的材料中發生，當電磁波進入屏蔽體後，因為外在傳播環境與屏蔽體內部阻抗之差異而被侷限在材料中，因此反覆發生反射，在材料內部震盪，並消耗一部份電磁波能量。</p>
技術對策	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 金屬網產生屏蔽效果，主要是利用反射損失及少量的吸收損失方式來達到屏蔽效果，當金屬網的網孔的最大尺寸小於入射波長的一半時，金屬網與金屬板的反射損失近似相等。</li> <li>2. 在相同的屏蔽面積下，縫隙的洩漏比孔洞來得嚴重，所以在屏蔽實際應用中能不開縫隙就不開，非開不可，就必須嚴格把關縫隙的直線尺寸應小於入射波波長的十分之一。</li> </ol>

<p>應用實例</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 金屬網屏蔽施工：施工項目是室內隔間牆使用金屬網與混凝土做屏蔽保護，利用雙層鐵網加強電磁波屏蔽</li> <li>2. 單層金屬網的屏蔽效能值能達到-40dB~-50dB，當需要-100dB 的屏蔽效能時，就必須使用雙層金屬網。</li> <li>3. 在低頻的情況下，可以用增大兩層金屬網的間距的方法來提高雙層金屬網的屏蔽效能，但在高頻的情況下，兩層金屬網的間距變化會有出現最大最小的屏蔽效能，若雙層金屬網使用不好的間距，這樣的屏蔽效能會比單層金屬網有所降低，一般來說盡可能將兩層金屬網的間距控制在波長1/4 的奇數倍。</li> <li>4. 金屬網的材質通常都使用鐵製的較多，但鐵製的金屬網相對於銅或鋁的屏蔽效果差，但相對價格上要便宜很多，使用上要看需要達到的屏蔽效果來選擇。</li> </ol> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">    </div>
<p>資料來源</p>	<p>[1] 林國榮，1987.4，電磁波干擾及控制。                  [2] <a href="http://www.ming-shuen.com.tw/">http://www.ming-shuen.com.tw/</a>。</p>

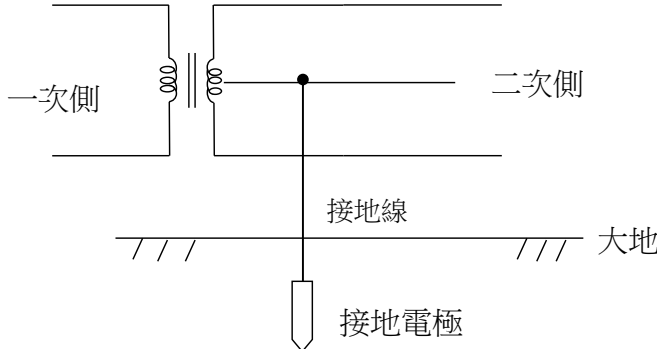
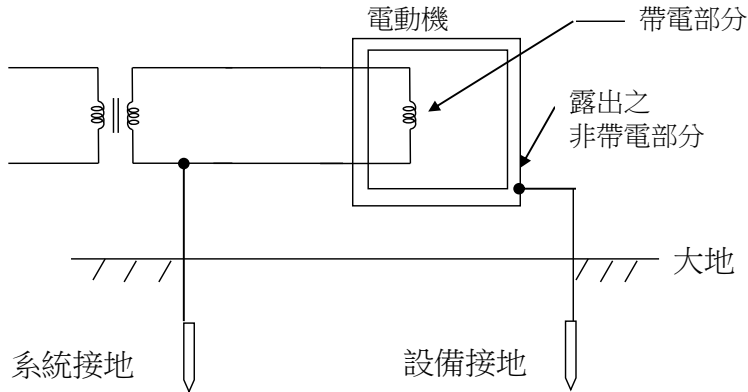


B4 技術名稱：玻璃屏蔽	
技術分類	電磁波屏蔽技術
技術原理	<p>薄膜屏蔽通常是以真空濺鍍(Sputter)或化學電鍍(Plating)方式，在導電貼膠膜材上沉積單層或多層的銀、銅、鎳等導電金屬薄膜，藉此提升導電貼膠膜材料對電磁波干擾屏蔽能力。</p> <p>在考量金屬薄膜材料之可撓性、材料成本與電磁波屏蔽能力等因素下，金屬薄膜沉積厚度約在 0.1~1 <math>\mu\text{m}</math> 之間。</p>
技術對策	<p>一般導電膜的厚度小於電磁波在其內部傳播波長的 1/4，屏蔽效益值在 30~60 dB 之間，具有不錯的屏蔽效果。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 金屬薄膜主要是利用反射之方式產生屏蔽的作用，而因為薄膜厚度太薄因此吸收所造成的屏蔽效應則不考慮。</li> <li>2. 利用 PVD 方法鍍著 300 nm 的 Al 薄膜，其屏蔽效益值約為 48 dB，而 100 nm 的 Ni 薄膜，其屏蔽效益值為 41 dB。</li> <li>3. 多層金屬薄膜方面，200 nm 的 Al/100 nm 的 Ni 雙層膜，其屏蔽效益約為 54 dB，而 100 nm 的 Ni/200 nm 的 Al 雙層膜其屏蔽效益約為 46 dB。</li> </ol> <p>屏蔽效果：在 50MHz 至 3GHz 頻率範圍內 10-40dB，具有良好的屏蔽特性。</p> <p>透光率：10-85%，抗曬隔熱性能 30-90%，多款型號可供選擇電磁屏蔽薄膜是一種新型的防電磁輻射薄膜，它能有效阻斷電磁波、紅外、紫外等各種技術常用頻率的輻射。從而能成功阻斷電子，而且它還能給你帶來解約能量的好處。</p>

<p>應用實例</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、用溫水填充噴霧瓶噴塗玻璃表面</li> <li>2、軟性刮刀刮擦窗戶內部面上的灰塵和碎屑。</li> <li>3、清洗和乾燥窗口並再次噴霧瓶潤濕玻璃。</li> <li>4、拿紙巾沿著窗緣（特別是下邊緣）擦拭，以清除灰塵碎片。</li> <li>5、將薄膜的寬度從窗口寬度減少 1-2 英寸，將膠片的長度比窗口長 2 英寸，用噴霧瓶大量地潤濕玻璃。</li> <li>6、從膠片的粘合劑（內）側取下保護襯墊。</li> <li>7、將薄膜貼附玻璃盡量減少玻璃和膠片之間重覆黏貼次數。</li> <li>8、使用刮刀刮去玻璃和膠片之間的水。</li> <li>9、使用剃須刀和切割邊，將膠片小心對著窗口墊圈，確保直線切割。</li> <li>10、拿起紙巾，沿著電影邊緣運行，以消除多餘的水分不要留下積水。</li> <li>11、將紙巾包在一個小木塊周圍，並按下邊緣以確保密封良好。</li> <li>12、乾燥 1~2 週</li> </ol> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> 
<p>資料來源</p>	<p>[1] <a href="https://goo.gl/4s6ZnT">https://goo.gl/4s6ZnT</a> SAFELIVING                  [2] <a href="https://goo.gl/E1sxR1">https://goo.gl/E1sxR1</a> 寶鑫節能概念館                  [3] <a href="https://goo.gl/Zox8zt">https://goo.gl/Zox8zt</a> 材料世界網                  [4] <a href="https://goo.gl/1eqNyp">https://goo.gl/1eqNyp</a> 廈門威晶科技有限公司</p>

B5 技術名稱：GPA 屏蔽網	
技術分類	電磁波屏蔽技術
技術原理	<p>技術原理同於導電塗料，GPA 是用金屬編織的玻璃纖維網主要係將屏蔽塗料上。</p> <p>GPA 可以應用在牆壁，天花板和潛在的地板上：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在木材包層下。</li> <li>2. 放置在牆壁，天花板和地板結構內。</li> <li>3. 放在地毯下。</li> <li>4. 作為 ETIC 系統中的鋼筋網。</li> <li>5. 作為渲染中的鋼筋網格。</li> </ol>
技術對策	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 表面重量 VIAS 003 (內部) &gt; 180 g / m<sup>2</sup>。</li> <li>2. 網眼尺寸 VIAS 001 (內部) 5×5 毫米。</li> <li>3. 抗拉強度 EN ISO 13934-1 &gt; 1750 N / 50 mm。</li> <li>4. 在 5%NaOH 儲存 28 天后的拉伸強度 EN ISO 13934-1 &gt; 850 N / 50mm</li> <li>5. 在 pH 為 12.5 的溶液中，在 80°C 下儲存 6 小時後的拉伸強度包括不銹鋼絲和特殊導電塗層以及隨後的潤濕/乾燥的 pH 12.5 的 ISO 13934-1 &gt; 750 N / 50mm。</li> <li>6. 網眼大小為 4 至 5mm 可折疊和可彎曲在渲染或混凝土中用作增強網格。</li> <li>7. 顏色：石墨灰色、黑色。</li> </ol>
應用實例	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 對於在屋頂或木材或石膏板覆蓋物之後的應用，將 GPA 釘入到位，相鄰的條必須重疊。</li> <li>2. 如果將布料切割成錨固件的開口，則必須用另外的 GPA 網狀面板覆蓋開口。</li> <li>3. GPA 必須壓入新鮮的增強複合物中，無氣泡和皺紋，然後用填充物平滑。</li> </ol> 
資料來源	[1] <a href="https://goo.gl/nqvTgX">https://goo.gl/nqvTgX</a> GPA

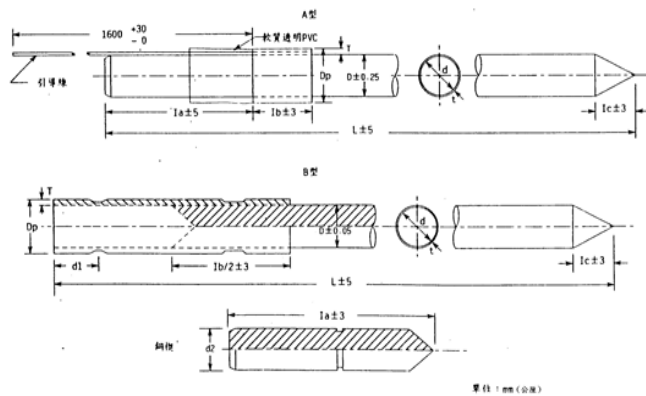
5.1.3 建築物接地技術

C1 技術名稱：銅棒接地	
技術分類	接地技術
技術原理	<p>接地可分為系統接地及設備接地，其原理分別為：</p> <p>1. 系統接地： 在電力系統中，選擇適當地點，如變壓器之中性點，與大地互相連接。</p>  <p>2. 設備接地： 與電路相連接之負載設備，其未帶電金屬部分所施行的接地，對電機設備的鐵架或外箱予以接地稱之，亦稱機殼接地。</p>  <p>如上圖當電動機絕緣降低時：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 設備未接地，則人體碰觸到設備外殼，將與碰觸到電源同電位，將有發生感電之虞。</li> <li>2. 設備確實接地，則人體將如同碰觸到大地零電位一樣，亦可藉保護設備如：漏電斷路器檢知，而隔絕系統與設備。</li> </ol>

銅棒接地：

1. 銅棒之材料應為銅包鋼棒材質，分為 A 型及 B 型接地棒兩種。
2. A 型接地棒應將銅包鋼棒一端以銅套環壓著導線，其上端以長約 20mm 軟質透明 PVC 管套緊；另一端則削成錐形，銅覆部分成圓弧形，使易於與 B 型接地棒連接及打入。
3. B 型接地棒應將銅包鋼棒套上連接管而以壓著方式接續，供 A 型接地棒插入時完全密接，並應於連接管中插入銅楔一支，使不易滑落且於施工打入時不損及連接管。
4. A 型接地棒可單獨一支埋設，或 A 型與 B 型接地棒串列埋設，埋設深度應為地面下 50cm 以上。

接地棒規格	1a	1b	1c	D	d	d1	d2	T	t	L	Op
A型-14 mm	50	20	14	14	13			2×以上	0.5×以上	600	φ18
B型-14 mm	70	80	14	14	13	φ15	φ13.5	2×以上	0.5×以上	820	φ18



A 型及 B 型接地棒尺寸圖

應用實例

施打接地棒及佈線



拉出引線



固定引線



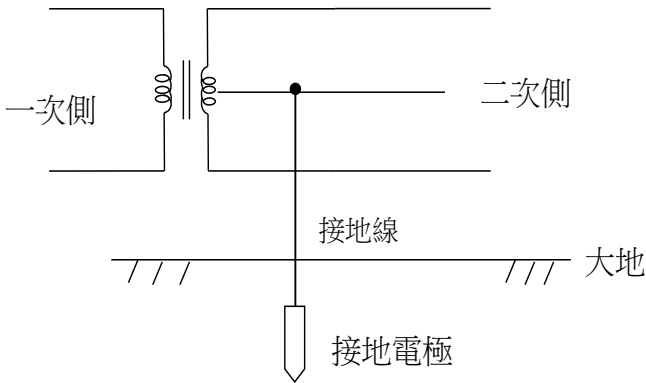
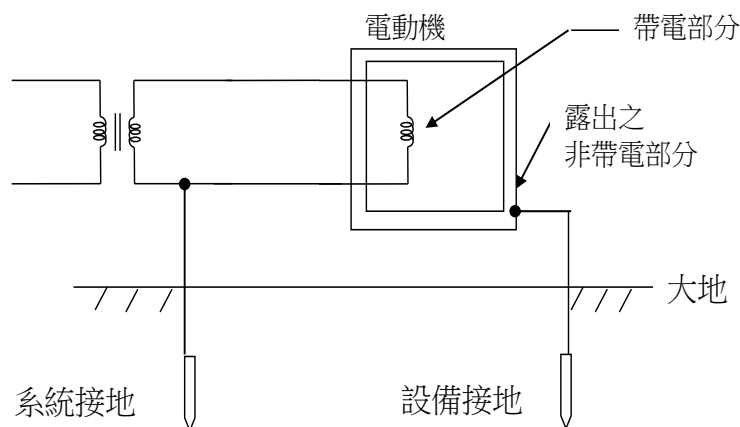
連接頭連接方式必須注意的重點：

- a. 電流承載值(大電流通過)
- b. 機械牢固性(電動力)
- c. 防蝕性(界面)



資料來源

[1] 集集電工業股份有限公司

C2 技術名稱：獨立接地插座	
技術分類	接地技術
技術原理	<p>接地可分為系統接地及設備接地，其原理分別為：</p> <p>1. 系統接地： 在電力系統中，選擇適當地點，如變壓器之中性點，與大地互相連接。</p>  <p>2. 設備接地： 與電路相連接之負載設備，其未帶電金屬部分所施行的接地。對電機設備的鐵架或外箱予以接地稱之，亦稱機殼接地。</p>  <p>如上圖當電動機絕緣降低時：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>設備未接地，則人體碰觸到設備外殼，將與碰觸到電源同電位，將有發生感電之虞。</li> <li>設備確實接地，則人體將如同碰觸到大地零電位一樣，亦可藉保護設備如：漏電斷路器檢知，而隔絕系統與設備。</li> </ol>

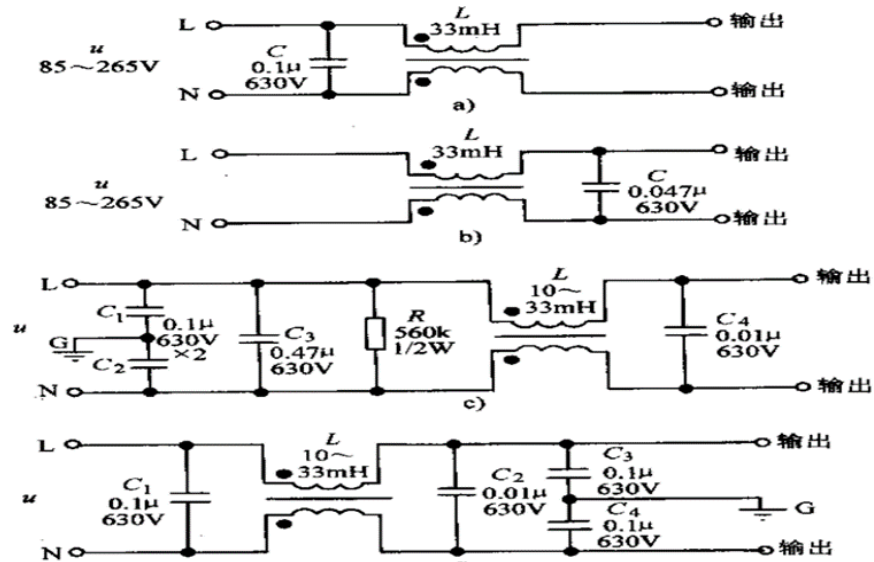


<p>技術對策</p>	<p>家用交流電源插頭與插座是指將電器用品等裝置連接至電源的裝置，電源插座和插頭根據國家在地區的不同，在外型、等級、尺寸和種類方面都有所不同。各個國家都有政府制訂的標準。一般來說，插頭是指一個可活動的接頭，與使用電力的裝置之間透過電線連接。而插座則是固定在設備或建築結構上。插頭通常有突出的棒狀、刀鋒狀等形式的電子接點（稱為公接頭），而插座則有形狀相應的電子接點插槽（稱為母接頭），為了降低觸電的風險，插座和插頭會配有許多不同的安全裝置，例如插座可設計成僅能接受相應的插頭。當插頭並未插入插座時，也有許多遮蔽插座的裝置，某些裝置也設計成具有危險性的高壓電接頭不會暴露在外，某些插座有外露的電子接頭，但僅供接地使用。</p>
<p>應用實例</p>	
<p>資料來源</p>	<p>[1] <a href="http://tn01016424.pixnet.net/blog/post/45383491">http://tn01016424.pixnet.net/blog/post/45383491</a>          [2] <a href="http://benevo.pixnet.net/blog/post/47993542">http://benevo.pixnet.net/blog/post/47993542</a>          [3] <a href="http://goods.ruten.com.tw/item/show?21107161127447">http://goods.ruten.com.tw/item/show?21107161127447</a></p>



C3 技術名稱：過濾有害電力的濾波器 (Dirty Electricity filters)	
技術分類	接地技術
技術原理	<p>電磁干擾濾波器亦稱 EMI 濾波器，它能有效地抑制電源噪聲，提高開關電源及其他電子設備的抗干擾能力及系統的可靠性，可廣泛用於電子測量儀器、計算機機房設備、開關電源適配器、測控系統等領域。</p>
應用實例	<p>電源噪聲是電磁干擾的一種，它屬於射頻干擾 (RFI)，其傳導噪聲的頻譜大致為 10KHz~30MHz，最高可達 150MHz，根據傳播方向的不同，電源噪聲可分為兩大類：一類是從電源進線引入的外界干擾；另一類是由電子設備產生並經電源線傳導出去的噪聲。</p> <p>這表明它屬於雙向干擾信號，開關電源既是噪聲干擾對象，又是一個噪聲源，若從形成特點看，開關電源的噪聲干擾分串模干擾與共模干擾兩種，串模干擾就是兩條電源線之間（簡稱線對線）的噪聲；共模干擾則是兩條電源線對大地（簡稱線對地）的噪聲，因此，電磁干擾濾波器應符合電磁兼容性 (EMC) 的要求，也必須是雙向射頻濾波器，一方面要濾除從交流電源線上引入的外部電磁干擾，另一方面還能避免開關電源本身向外部發出的噪聲干擾，以免影響同一電磁環境下其他電子設備的正常工作。</p> <p>此外，電磁干擾濾波器應對串模、共模干擾都起到抑製作用。為了減小體積和降低成本，開關電源適配器一般採用簡易式單級 EMI 濾波器，主要包括共模扼流圈和濾波電容。典型電路如下圖所示，L、C1 和 C2 用來濾除共模干擾，C3 和 C4 濾除串模干擾。當出現共模干擾時，由於 L 中兩個線圈的磁通方向相同，經過耦合後總電感量迅速增大，因此對共模信號呈現很大的感抗，使之不容易通過，故稱作共模扼流圈。它的兩個線圈分別繞在低損耗、高導磁率的鐵氧體磁環上。R 為洩放電阻，可將 C3 上積累的電荷洩放掉，避免因電荷積累而影響濾波特性，斷電後還能使電源的進線端 L、N 不帶電，保證使用的安全性。</p> <div style="text-align: center;"> <p>加EMI濾波器前、後干擾波型的比較</p> </div>

EMI 濾波器能有效抑制開關電源適配器的電磁干擾。下圖中曲線 a 為不加 EMI 濾波器時開關電源適配器上 0.15MHz~30MHz 傳導噪聲的波形 (即電磁干擾峰值包絡線), 曲線 b 是插入 EMI 濾波器後的波形, 它能將電磁干擾衰減 50 分貝 (Uv) ~70 分貝 (uV)。



資料來源

- [1] <https://www.google.com.tw/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s>
- [2] <https://translate.google.com.tw/translate?hl=zh-TW&sl>
- [3] <http://www.emraustralia.com.au/shop/meters-testing/>
- [4] <http://www.emraustralia.com.au/shop/meters-testing/det>

C4 技術名稱：需求開關(Demand Switches)	
技術分類	接地技術
技術原理	<p>交流電場是由電力的存在而產生的，他們的力量是由電壓決定的；電壓越高，電場越強。交流電場輻射形式的電線，通常從源頭 6 至 8 英尺，但在某些情況下會更遠。即使設備未使用（關閉），電場也將存在，換句話說，這些來源會產生持續的排放，需求開關設計用於消除在主要電氣面板（MEP）的問題來源的單個分支電路上的交流電場的輻射。</p> <p>受控電路通常包括睡眠區域和相鄰的生活空間，當不需要時，需求開關可以自動關閉 MEP 的電源。每個需求開關控制單個分支電路或單個斷路器，並打開和關閉，自動需求開關持續監控單個分支電路的功率需求，並在必要時自動恢復供電，這種自動切換是負載依賴或電流依賴的，需求開關額定為 16 安培交流電，並與標準和電弧故障斷路器兼容。</p>
技術對策	<p>睡眠區域通常由電力電線室的電線簾幕環繞，有問題的接線位於天花板，牆壁和地板內部，用於為特定房間內的燈和插座供電，即使所有燈，電子設備都關閉，這些電線也會不斷發出電場，這些電場只能通過關閉電源來消除。這在大多數情況下是有效但不實際的，自動按需求開關在沒有任何需求的情況下自動切斷斷路器面板/保險絲盒的電源，持續監視電路的功率需求，並在需要時自動恢復供電，這種方法直接處理問題的根源，並提供包括有害電源在內的交流電場的有效保護。</p> <p>需求開關具有 2 種運行模式保護模式和正常模式，保護模式意味著 120 VAC 將被關閉，從而保護免受交流電場暴露，正常模式操作意味著 120 VAC 將保持在正常線路條件下。當對設備供電時，網絡指示燈將亮起綠色，在加載時請求開關處於“保護模式”LED 指示燈會亮起綠色，在此模式下，開關為電路提供 9 VDC 監控電壓，的負載時的需求開關處於“正常模式”和 supply120 VAC 到電路 LED 將點亮紅色，認為綠色是好的，紅色是一個警告，位於需求開關前面的黃色開/關開關將按需求開關改變模式進行物理上下切換。</p> <p>“接通”功能。為了實現低電動勢能環境，不推薦使用基於變壓器的照明系統。但是，如果不能進行更換或拆卸，則可以在其中一個燈或開關上安裝恆定的負載電阻，這將允許正常的功能。這也適用於調光開關和緊湊型熒光燈“CFL”。該電阻應安裝在燈開關的負載側，從而產生一個電阻性線性負載，使需求開關識別。安裝在受控電路上可能會影響自動功能的物品/電器：煙霧探測器，門鈴變壓器，電視機，錄像機，鬧鐘，臟電濾波器，一些 GFI 插座，電子天花板風扇，熒光燈（基於變壓器），低電壓照明（基於變壓器），低壓 LED 照明，緊湊型熒光燈“CFL”（基於變壓器），調光開關，洗衣機，洗碗機，冰箱。</p>

當您自動更改位置時，您會聽到輕微的點擊聲，向上是負載 LED 為紅色的“正常模式”，負載 LED 為綠色時為“保護模式”，該電流調整電位器用於設定觸發電流的期望電平，以控制模式的改變，電平可以從 0 mA 到 100 mA 進行調節，並可以用細長的一字螺絲刀調節，當電路吸收的電流大於當前調節電位器上設置的電流電平時，需求開關將為電路提供 120 VAC 的“正常模式”，當電路吸收的電流小於當前調節電位器上設置的電平時，需求開關將處於“保護模式”，關閉 120 VAC。刻度盤旁邊的黑點表示默認位置並作為標準設置推薦使用，當電位計逆時針轉到 0mA 位置時，可以繞，當在這個位置時，可以通過向上或向下移動撥動開關來手動控制需求開關。

限制：需求開關設計為具有 120 伏照明系統（如白熾燈和鹵素燈）的臥室電路。由於變壓器的非線性負載特性，基於變壓器的照明系統將阻礙需求開關的自動

應用實例





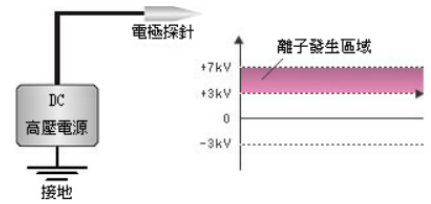
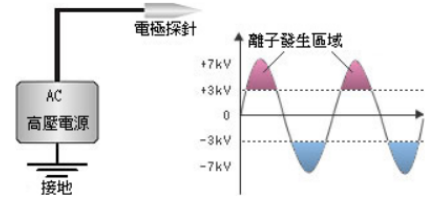
資料來源

[1] <http://www.slt.co/Products/DemandSwitches/DemandSwitch>

C5 技術名稱：屏蔽電源線	
技術分類	接地技術
技術原理	<p>靜電屏蔽:為了避免外界電場對儀器設備的影響，或者為了避免電器設備的電場對外界的影響，用一個空腔導體把外電場遮住，使其內部不受影響，也不使電器設備對外界產生影響，這就叫做靜電屏蔽。</p>
技術對策	<p>空腔導體不接地的遮罩為外遮罩，空腔導體接地的遮罩為全遮罩，空腔導體在外電場中處於靜電平衡，其內部的場強總等於零，因此外電場不可能對其內部空間發生任何影響，若空腔導體內有帶電體，在靜電平衡時，它的內表面將產生等量異號的感生電荷，如果外殼不接地則外表面會產生與內部帶電體等量而同號的感生電荷，此時感應電荷的電場將對外界產生影響，這時空腔導體只能對外電場遮罩，卻不能遮罩內部帶電體對外界的影響，所以叫外遮罩。</p> <p>如果外殼接地，即使內部有帶電體存在，這時內表面感應的電荷與帶電體所帶的電荷的代數和為零，而外表面產生的感應電荷通過接地線流入大地，外界對殼內無法影響，內部帶電體對外界的影響也隨之而消除，所以這種遮罩叫做全遮罩，為了防止外界信號的干擾，靜電屏蔽被廣泛地應用科學技術工作中，例如電子儀器設備外面的金屬罩，通訊電纜外麵包的鉛皮等等，都是用來防止外界電場干擾的遮罩措施。</p>
應用實例	
資料來源	[1] <a href="http://www.slt.co/Products/ShieldedPowerCords/">http://www.slt.co/Products/ShieldedPowerCords/</a>



C6 技術名稱：防靜電手環、腳環	
技術分類	接地技術
技術原理	<p>靜電為一種物理現象，人體是一個帶電體。在天氣乾燥時，衣物、地毯、坐墊等受到摩擦，會產生靜電，靜電會在多個領域造成嚴重危害，摩擦起電與人體靜電是電子工業中的兩大危害，在生產過程中靜電防護主要措施為：1.靜電洩放、2.耗散、3.中和或增溼、4.遮罩與接地、5.人體靜電防護系統有：防靜電手腕帶、腳腕帶等組成，具有靜電泄漏、中和與遮罩等功能。</p>
應用實例	<p>1. 手環：防靜電手環是由緊貼手腕的不銹鋼外殼通過線內 1MΩ 電阻由導線,鐵夾接地.目的是既要隨時洩放掉人體上的靜電,又要防止快速放電產生的火花,對靜電敏感器件造成損害,並起隔離作用.而斷線或接觸不良會使靜電手環形同虛設.所謂無線手環實際起不到洩放人體攜帶的靜電荷作用。</p> <p>2. 腳環：有線接地腳腕帶是防靜電裝備中最基本的，也是最為普遍使用的生產線上的必備品，不但在架設及操作上十分方便，在價格上亦最為經常實惠，其原因為通過腕帶及接地線，將人體身上的靜電排放至大地，故使用時腕帶必需確實與皮膚接觸，接地線亦需直接接地，並確保接地線暢通無阻才能發揮最大功效，這款產品屬於其中的防靜電腕帶合扣調節有線型，它可有效保護零阻件，免於受靜電之干擾，用以洩放人體的靜電。它由防靜電鬆緊帶、活動按扣、彈簧軟線、保護電阻及夾頭組成。鬆緊帶的內層用防靜電紗線編織，外層用普通紗線編織。</p> <div style="text-align: center;">   </div>
資料來源	<p>[1] <a href="http://www.swesd.com/news_detail/newsId=65.html">http://www.swesd.com/news_detail/newsId=65.html</a></p> <p>[2] <a href="https://baike.baidu.com/item/%E8%84%9A%E8%85%95%E5%B8%">https://baike.baidu.com/item/%E8%84%9A%E8%85%95%E5%B8%</a></p>

C7 技術名稱：消除靜電儲存器									
技術分類	接地技術								
技術原理	<p>利用電暈放電原理的電壓施加系統由以下部分組成：施加高壓的針形電極、高壓電源以及接地電極。將高壓施加到電極後，會在針尖上產生電暈放電，發生電暈放電時，電極針周圍的空氣被分解，產生離子，透過這些離子，反極性的靜電被中和，達到消除靜電的目的。</p>								
技術對策	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>DC 方式</b></p> <p>持續將正或負的 DC 電壓施加到電極針的方式。</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #e0e0e0;">優點</td> </tr> <tr> <td>快速消除靜電</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e0e0e0;">缺點</td> </tr> <tr> <td>僅能消除一種極性的靜電。離子平衡性一般。</td> </tr> </table>  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p><b>AC 方式</b></p> <p>持續將 AC 電壓施加到電極針的方式。 由於使用的是工頻電源，因此正負離子產生週期為 50 或 60 Hz。</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #e0e0e0;">優點</td> </tr> <tr> <td>由於它可以交替產生正負離子，因此具有良好的離子平衡狀態。</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e0e0e0;">缺點</td> </tr> <tr> <td>產生的離子數量少，靜電消除速度慢。 由於離子產生遵循一定週期，所產生的離子會快速重新合併，因此不能執行長距離的安裝。</td> </tr> </table>  </div>	優點	快速消除靜電	缺點	僅能消除一種極性的靜電。離子平衡性一般。	優點	由於它可以交替產生正負離子，因此具有良好的離子平衡狀態。	缺點	產生的離子數量少，靜電消除速度慢。 由於離子產生遵循一定週期，所產生的離子會快速重新合併，因此不能執行長距離的安裝。
優點									
快速消除靜電									
缺點									
僅能消除一種極性的靜電。離子平衡性一般。									
優點									
由於它可以交替產生正負離子，因此具有良好的離子平衡狀態。									
缺點									
產生的離子數量少，靜電消除速度慢。 由於離子產生遵循一定週期，所產生的離子會快速重新合併，因此不能執行長距離的安裝。									



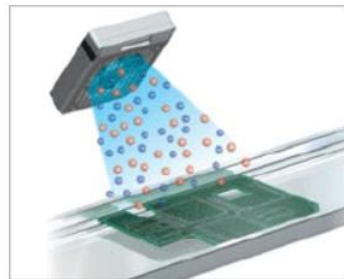
應用實例

超高速靜電消除風扇 SJ-F300 系列

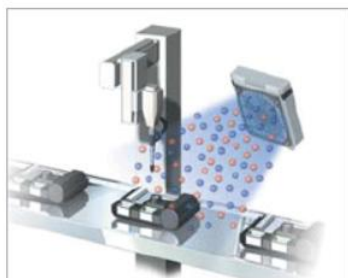
防止黏貼標籤黏貼位置偏移



消除安裝物件上的靜電



小型自動機內的內部靜電消除



於蜂巢式作業中進行省空間靜電消除



資料來源

[1] <https://goo.gl/ej3ATJ> KEYENCE 台灣基恩斯

### 5.1.4 電磁波吸收技術

D1 技術名稱：碳系吸波材料-碳纖維	
技術分類	電磁波吸收技術
吸收原理	<p>人類發現炭灰（soot）的歷史已不可考，先人極早就會利用木炭（wood charcoal）生火，北京人距今約五十萬年，已有用火的跡象。焦炭（charcoal）的歷史應該和智人（homo sapiens）的文明一樣長。更貼切的說，我們是炭火之子，不懂用火的話，我們可能也度不過一萬多年前的全球大冰河時期。但是有記載的焦炭製造歷史應該是在羅馬時代，他們把木材堆成金字塔形，覆上黏土隔絕空氣後煅燒，就產生焦炭。</p> <p>是碳的一種同素異形體（碳的其他同素異形體有很多，為人熟悉的例如鑽石）。作為其中的一種最軟的礦物，石墨不透明且觸感油膩，顏色由鐵黑到鋼鐵灰不等，形狀可呈晶體狀、薄片狀、鱗狀、條紋狀、層狀體，或散布在變質岩（由煤、碳質岩石或碳質沉積物，受到區域變質作用或是岩漿侵入作用形成）之中，化學性質不活潑，具有耐腐蝕性。</p> <p>碳的存在形式是多種多樣的，有晶態單質碳如金剛石、石墨；有無定形碳如煤；有複雜的有機化合物如動植物等；碳酸鹽如大理石等。單質碳的物理和化學性質取決於它的晶體結構。高硬度的金剛石和柔軟滑膩的石墨晶體結構不同，各有各的外觀、密度、熔點等。</p>
	

## 應用實例

碳纖維電阻率較低約  $10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ ，是雷達波的強反射體，只有經過特殊處理的碳纖維才具有一定性的吸波性能。通過調節碳纖維的電阻率可以使其具有吸波功能，調節碳纖維電阻率使其具備吸波性能的方法有多種，如把碳纖維橫截面做成三角形或有棱角的方形，對其進行表面改性，在其表面塗覆含有電磁損耗物質的樹脂，沉積一層微小空穴的碳粉，噴塗鎳或經氟化物處理等，都能大大提高碳纖維的吸波性能。

碳/碳複合材料也可以製成吸波材料，美國威廉斯國際公司研製的碳/碳複合材料適用於高溫部位，能很好地抑制紅外輻射並吸收雷達波，還可製成機翼前緣，機頭和機尾。

特殊碳纖維增強的碳/熱塑性樹脂基複合材料具有極好的吸波性能，能夠使頻率為  $0.1 \text{ MHz} \sim 50 \text{ GHz}$  的脈衝大幅度衰減，現在已用於先進戰鬥機 ATF 的機身和機翼，特別適合製造直昇機旋翼和導彈殼體，美國隱身直升機 LHX 已經採用此種複合材料。



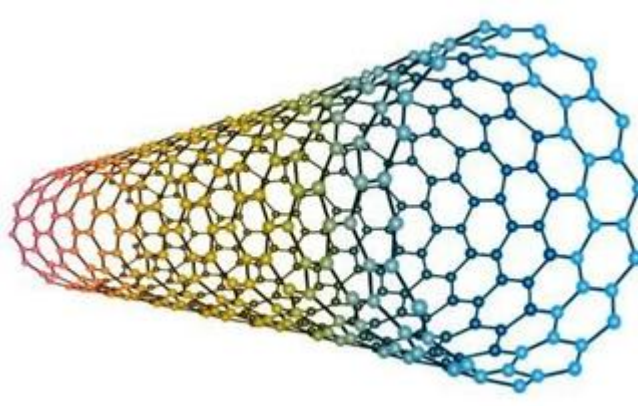
先進戰鬥機 ATF 與美國隱身直升機 LHX 已經採用此種複合材料

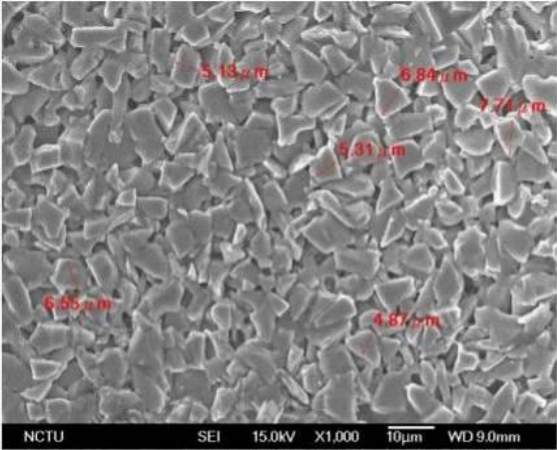


阿帕契攻擊直身機 AH-64e 在引擎的外殼也使用了此種複合材料

D2 技術名稱：碳系吸波材料-石墨烯	
技術分類	電磁波吸收技術
吸收原理	技術原理同 D1
應用實例	<p>2004 年，英國曼徹斯特大學的安德烈·K·海姆（Andre K.Geim）等製備出了石墨烯。海姆和他的同事偶然中發現了一種簡單易行的新途徑，他們強行將石墨分離成較小的碎片，從碎片中剝離出較薄的石墨薄片，然後用一種特殊的塑料膠帶粘住薄片的兩側，撕開膠帶，薄片也隨之一分為二。不斷重複這一過程，就可以得到越來越薄的石墨薄片，而其中部分樣品僅由一層碳原子構成，被命名為石墨烯。</p> <p>石墨烯具有縱橫比、電導率和熱導率高、比表面積大、密度低等特點，常溫下的電子遷移率可達到 <math>15\ 000\ \text{cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})</math>，是目前電阻率最小的材料。並且石墨烯具有室溫量子霍爾效應和良好的鐵磁性，與石墨、碳纖維、碳納米管等材料相比，擁有獨特性能的石墨烯可以突破碳材料原有的局限，成為一種新型有效的電磁屏蔽和微波吸收材料。</p> <div data-bbox="683 972 1145 1339" data-label="Chemical-Block"> </div> <p>石墨烯是一種二維材料，具有優異的導電性和導熱性</p> <div data-bbox="427 1406 1337 1921" data-label="Figure"> </div> <p>上圖顯示使用GSF™後，完全遮蔽解決了wifi projector電磁波干擾問題。</p> <p>石墨烯電磁波吸收效能</p>



D3 技術名稱：碳系吸波材料-奈米碳管	
技術分類	電磁波吸收技術
吸收原理	技術原理同 D1
應用實例	<p>1985 年，“足球”結構的 <math>C_{60}</math> 一經發現即吸引了全世界的目光，Kroto HW，Smalley RE，和 Curl RF 亦因共同發現 <math>C_{60}</math> 並確認和證實其結構而獲得 1996 年諾貝爾化學獎。在富勒烯研究推動下，1991 年一種更加奇特的碳結構 - 碳納米管被日本電子公司（NEC）的飯島博士發現。</p> <p>碳納米管在 1991 年被正式認識並命名之前，已經在一些研究中發現並製造出來，只是當時還沒有認識到它是一種新的重要的碳的形態。1890 年人們就發現含碳氣體在 20 世紀 50 年代開始，石油化工廠和冷核反應堆的積炭問題，也就是碳絲堆積的問題，逐步引起重視，為了抑制其生長，開展了不少有關其生長機理的研究。這些用有機物催化熱解的辦法得到的碳絲中已經發現有類似碳納米管的結構。在 20 世紀 70 年代末，紐西蘭科學家發現在兩個石墨電極間通電產生電火花時，電極表面生成小纖維簇，進行了電子衍射測定發現其壁是由類石墨排列的碳組成，實際上已經觀察到多壁碳納米管。</p> <p>用碳納米管的性質可以製作出很多性能優異的複合材料。例如用碳納米管材料增強的塑料力學性能優良，導電性好，耐腐蝕，屏蔽無線電波。使用水泥做基體的碳納米管複合材料耐衝擊性好，防靜電，耐磨損，穩定性高，不易對環境造成影響。碳納米管增強陶瓷複合材料強度高，抗衝擊性能好。碳納米管上由於存在五元環的缺陷，增強了反應活性，在高溫和其他物質存在的條件下，碳納米管容易在端面處打開，形成一個管子，極易被金屬浸潤，和金屬形成金屬基複合材料。這樣的材料強度高，模量高，耐高溫，熱膨脹係數小，抵抗熱變性能強。</p>
	

D4 材料名稱：陶瓷吸波材料	
技術分類	電磁波吸收技術
吸波原理	<p>傳統的吸波材料依照其吸波原理分類，可分為電阻型、電介質型和磁介質型三類。電阻型吸波材料有碳纖維、碳化矽纖維、導電性石墨粉、導電高聚合物等，它們的特點是電損耗角正切值較大。</p> <p>金屬短纖維、鈦酸鋇陶瓷原屬於電介質型吸波材料，其吸波原理是依靠介質的電子極化、離子極化、分子極化或介面極化等機制吸收電磁波。鐵氧體、羰基鐵粉、超細金屬粉等屬於磁介質型吸波材料，它們具有較高的磁損耗角正切，主要依靠磁滯損耗、自然其振、後效損耗等極化機制衰減電磁波，研究較多且比較成熟的是鐵氧體吸波材料。</p> <p>電阻性吸收材料其原理是材料中傳導帶的自由電子，在電磁波 電場的加速作用下，衝撞到電阻性材料內的原子，電子的運動就會受到阻礙，此時電子的運動動能就會轉換成熱能，此一熱量就是電磁波在材料中所損失的能量。由於電阻性材料自由電子密度很高，會使得電磁波產生反射現象，所以在電阻性吸收材料中，可利用降低材料中的電子密度，來幫助電磁波的吸收，例如石墨粒子分散在發泡的聚乙烯中，本身的電阻與石墨粒子間的電容會形成複雜的結構，使得電磁波在材料間產生感應電流，以消耗電磁波的能量。</p> <p>在工程應用上，除要求吸波材料在較寬頻帶內對電磁波具有高的吸收率外，還要求它具有質量輕，耐溫，耐濕，抗腐蝕等性能。輻射通過熱效應，非熱效應，累積效應對人體造成直接和間接的傷害。研究證實，鐵氧體吸波材料性能最佳，它具有吸收頻段高，吸收率高，匹配厚度薄等特點。將這種材料應用於電子設備中可吸收洩露的電磁輻射，能達到消除電磁干擾的目的。根據磁波在介質中從低磁導向高磁導方向傳播的規律，利用高磁導率鐵氧體引導電磁波，通過共振，大量吸收電磁波的輻射能量，再通過耦合把電磁波的能量轉變成熱能。</p>
	 <p style="text-align: center;">碳化矽粉體</p>

## 應用實例

## 碳化矽陶瓷：

由無機材料和有機高分子所組成的有機-無機雜化材料是近年來國內外研究較多的一種新型複合材料，它同時具有有機高分子和無機材料的優點。碳化矽陶瓷具有硬度高、高溫強度大、抗蠕變性能好、耐化學腐蝕、抗氧化性能好、熱膨脹係數小及高熱導率等優異性能，是一種在高溫和高能條件下極具應用前景的材料。碳化矽用於製備金屬基、陶瓷基和聚合物基複合材料，已經表現出優異的性能。此外，碳化矽在隱身吸波材料方面也有重要的應用。

美國已經研究出了碳化矽纖維增強的玻璃陶瓷基複合材料，即使在高溫下也具有吸波性能。美國洛克希德公司在 F-117 隱身飛機的研製中，用陶瓷基材料研製了吸波材料和吸波結構，可以加尾噴管後沿，能夠承受 1093°C 的高溫，美國首批進入伊拉克境內的 F-117A 飛機就是塗復了吸收材料的隱形飛機，它們有效避開了伊拉克的雷達監測。據報導，美國 F22 飛機的發動機推力換向及反推力噴管也可能採用陶瓷基複合材料，以提高隱身能力。



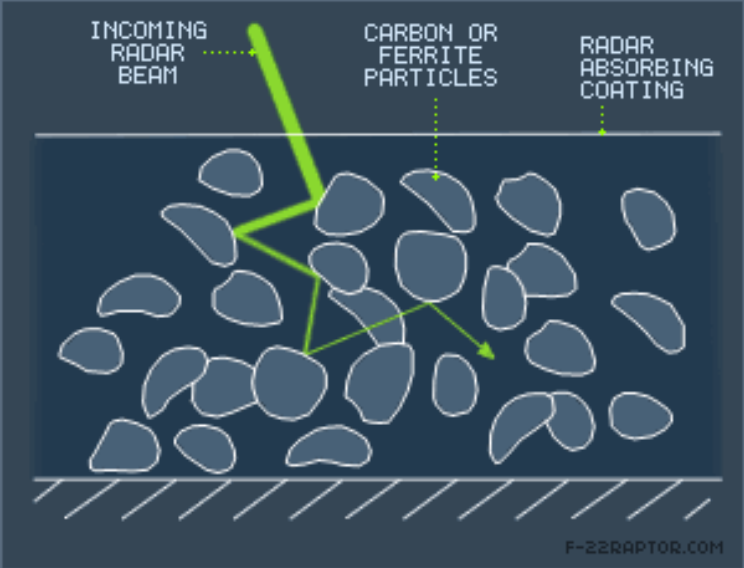
YF-22 猛禽戰鬥機推力噴管也採用陶瓷基複合材料



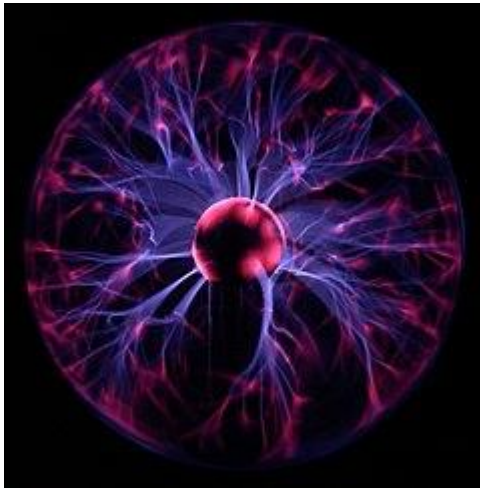
F-117 用陶瓷基材料研製了吸波材料和吸波結構



資料來源	[1] 普達國際企業 <a href="http://www.graphene-inside.com/">http://www.graphene-inside.com/</a>
------	--

D5 材料名稱：鐵系吸波材料-鐵氧體	
技術分類	電磁波吸收技術
吸波原理	<p>吸波材料，是一種能夠將投射到它表面的電磁波大部分吸收，並通過材料的介質損耗將電磁能量轉換成為熱能或其他形式的能量而消耗掉，且反射、散射、和透射都很小的複合功能材料。</p> <p>吸波材料的分類方法有多種,主要有下列三種按材料成型工藝和承載能力，可分為塗敷型吸波材料和結構型吸波材料，前者是將吸收劑與粘結劑混合後塗敷於目標表面形成吸波塗層後者具有承載和吸收雷達波的雙重功能，通常是將吸收劑分散在層狀結構材料中，或是用透波性能好、強度高的高聚物複合材料如玻璃鋼，芳綸纖維複合材料作面板，夾芯採用蜂窩狀、波紋體或角錐體的夾芯結構，這類材料有鐵氧體、撥基鐵等，「雙復」型吸波材料是兼有介電損耗和磁損耗的一類吸波材料。</p> <p>這類材料以尖晶石型鐵氧體等為吸收劑。按吸收原理,屏蔽箱中吸波材料又可分為吸收型和干涉型兩類。屏蔽箱中吸收型吸波材料主要是材料本身對雷達波損耗吸收干涉型是利用吸波層表面反射波和底層反射波的振幅相等相位相反進行干涉抵消,電磁波在吸波材料中傳播時,由於介質的極化弛豫損耗和共振吸收,其能量將被大大地吸收衰減,轉化成熱能的形式發散掉。根據介質材料的介電常數和磁導率產的特性,不同的材料具有不同的吸收電磁輻射的能力。理想電介質不吸收電磁輻射,在這種情況下介電常數和磁導率是實值。但在一般情況下,二和產具有複數特徵。在介電常數和磁導率聲的虛部不能忽略的情況下,介質或者材料具有吸收電磁波的性質。</p>
	

<p>應用實例</p>	 
<p>資料來源</p>	<p>[1] <a href="https://kknews.cc/zh-tw/education/v93kky2.html">https://kknews.cc/zh-tw/education/v93kky2.html</a> [2] <a href="http://www.mvg-world.com/zh-hans/products/absorber-6">http://www.mvg-world.com/zh-hans/products/absorber-6</a> [3] <a href="http://www.mvg-world.com/">http://www.mvg-world.com/</a></p>

D6 材料名稱：其他類型吸波材料-等離子材料	
技術分類	電磁波吸收技術
吸波原理	<p>電漿(又稱等離子體)是在固態、液態和氣態以外的第四大物質狀態，其特性與前三者截然不同。氣體在高溫或強電磁場下，會變為電漿。在這種狀態下，氣體中的原子會擁有比正常更多或更少的電子，從而形成陰離子或陽離子，即帶負電荷或正電荷的粒子，氣體中的任何共價鍵也會分離。</p> <p>由於電漿含有許多載流子，因此它能夠導電，對電磁場也有很強的反應，和氣體一樣，電漿的形狀和體積並非固定，而是會根據容器而改變；但和氣體不一樣的是，在磁場的作用下，它會形成各種結構，例如絲狀物、圓柱狀物和雙層等。</p> <p>原理是利用等離子體發生器、發生片或放射性同位素在兵器表面形成一層等離子雲，設計等離子體的特徵參數(能量、電離度、振蕩頻率和碰撞頻率等)，使之滿足特定要求，使照射到等離子雲上的雷達波一部分被吸收，一部分改變傳播方向，因而返回到雷達接收機的能量很少，使敵方難以探測，達到隱身的目的；還能通過改變反射信號的頻率，使敵雷達測出錯誤的飛機位置和尺度數據以實現隱身，據報導，採用該技術的飛行器被敵方發現的機率可降低99%。</p>
	
	<p>電漿燈表現出電漿一些更複雜的現象，包括「成絲」。電漿中的電子與離子重新結合，從激發態鬆弛至低能態，並以光的形式釋放出能量，不同氣體經這種過程所發出的光線會有不同的光譜。</p>

應用實例	<p>作為一種特殊的介質，等離子體的電磁參數主要由其電子密度和碰撞頻率決定，在不同的參數條件下，可以對電磁波的傳播產生不同的影響。利用這一獨特的電磁特性，在軍事領域的應用方面包括等離子體天線以及等離子體隱身等。可見，等離子體技術在軍事上具有很高的應用價值。</p> <p>目前較為成熟的等離子體產生方法主要有射線產生、燃燒產生、雷射激勵產生和放電產生。射線產生等離子體的電子密度不大，並且射線在使用中可能對人體造成傷害，限制了其使用範圍。燃燒等離子體可以產生較高的電子密度，但是由於燃燒形成的等離子體的參數和結構較難控制，具有一定的局限性。較大功率雷射可以在空氣中產生一定長度的等離子體，但由於是在空氣中直接放電產生等離子體，等離子體參數的重構性較差。所以，氣體放電產生等離子體成為國內外科研人員的研究重點。</p> <p>俄羅斯是目前唯一宣傳進行相關實用性研究的國家，其構思是在飛機的某些部位製造等離子，藉助外界氣流吹遍全機，使飛機被包在等離子物質裡面，等離子可以吸收、反射、或折射雷達波，因此能實現隱身，該方法可使雷達反射截面積 RCS 降為原來的 1/100。</p> <p>目前已知俄羅斯最新的等離子隱身設備為其第三代系統，該設備總重約 100 公斤，利用飛行器周圍的靜電能量來減小飛行器的截面積。然而，該設備並沒有進入作戰部隊，其測試成功的部分只限於降低 RCS，而這些是在模型上測試的，俄羅斯方面稱直到 2002 年才在蘇-34 或蘇-32 上進行測試。</p> <div data-bbox="411 1243 1394 1736" style="text-align: center;">  </div>
資料來源	<p>[1] <a href="https://read01.com/Nyojgka.html">https://read01.com/Nyojgka.html</a></p> <p>[2] <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Plasma_stealth">https://en.wikipedia.org/wiki/Plasma_stealth</a></p> <p>[3] <a href="https://www.slideshare.net/9764263570/stealth-technology-65096742">https://www.slideshare.net/9764263570/stealth-technology-65096742</a></p>







D7 材料名稱：其他類型吸波材料-手性導電聚合物	
技術分類	電磁波吸收技術
吸波原理	<p>手性 (chirality) 一詞源於希臘語詞幹「手」<math>\chi\epsilon\iota\rho</math> (ch[e]ir)，在多種學科中表示一種重要的對稱特點，如果某物體與其鏡像不同，則其被稱為「手性的」，且其鏡像是不能與原物體重合的，就如同左手和右手互為鏡像而無法疊合，手性物體與其鏡像被稱為對映體 (enantiomorph，希臘語意為「相對/相反形式」)，在有關分子概念的引用中也被稱為對映異構體，可與其鏡像疊合的物體被稱為非手性的 (achiral)，有時也稱為雙向的 (amphichiral)。</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>手性吸波材料是一種具有螺旋構造的各向同性電磁材料，在電磁場</p>

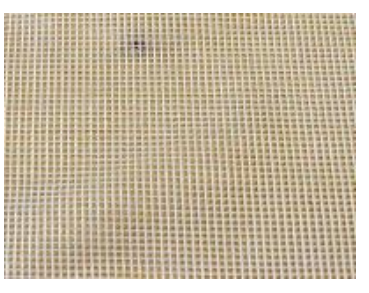

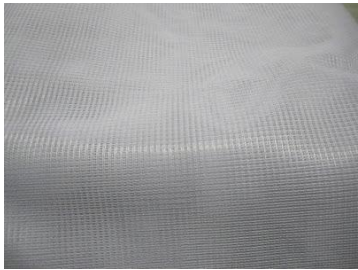

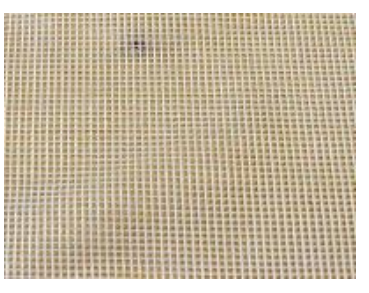

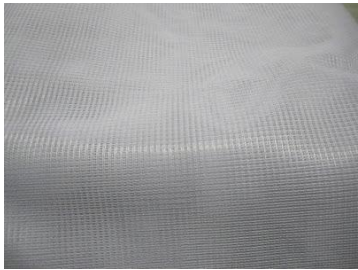

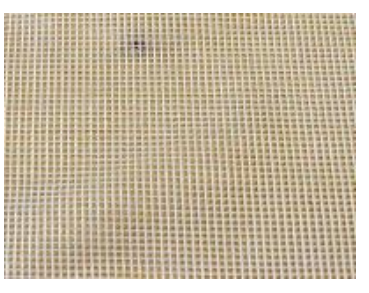

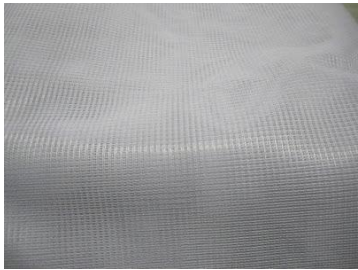

	<p>的作用下會產生電場和磁場的交叉極化，理論上吸波性能更好。它比普通吸波材料有如下優勢：調整手性參數比調整介電參數和磁導率容易，可以在較寬的頻段上實現較高的吸波性能；手性對頻率的敏感性較低，較容易實現雷達波的寬頻吸收。</p> <p>手性導電高聚物導電性良好，電導率可調，在一點範圍內吸波特性好，該材料大致分為兩類：一類是非手性單體在聚合過程中加入手性誘導劑來實現其空間螺旋結構，如手性導電聚苯胺；另一類則是利用手性單體在一定的反應條件和適合的催化劑作用下，直接聚合成具有空間螺旋結構的導電聚合物，如手性導電聚噻吩、聚吡咯等。</p> <p>手性導電高聚物具有質地均勻、易加工成型、密度小、製備過程較簡單、性能較穩定等優點。</p>
應用實例	<p>聚苯胺屬於本質型導電高分子，由於原料的取得和合成製備均甚容易，且對環境的穩定性又高，並可藉由質子化之摻雜效應及透過適當的加工製程，增益高分子的整體機能特性，尤其是其電導率與透明性，對光電產品而言，是一個非常適合而理想的應用材料系統。</p> <p>手性導電高聚物具有質地均勻、易加工成型、密度小、製備過程較簡單、性能較穩定等優點。</p> <div data-bbox="450 1117 1337 1671" data-label="Image"> </div> <p>大陸殲-20 戰機使用聚苯胺導電聚合物作為戰機外層塗料。</p>
資料來源	<p>[1] <a href="https://kknews.cc/military/b2z6886.html">https://kknews.cc/military/b2z6886.html</a></p> <p>[2] <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Chirality_(chemistry)">https://en.wikipedia.org/wiki/Chirality_(chemistry)</a></p> <p>[3] <a href="https://www.slideshare.net/9764263570/stealth-technology-65096742">https://www.slideshare.net/9764263570/stealth-technology-65096742</a></p>

### 5.1.5 個人防護技術

E1 技術名稱：金屬纖維運用	
技術分類	個人防護技術
技術原理	技術原理同 B3
技術對策	<p>不銹鋼纖維目前最細達到 2 微米，一般為 8 至 22 微米，在紡織領域，其細度在 8 微米至 35 微米，一般人的頭髮約 60 微米至 80 微米，而紡織用的 8 微米細度的不銹鋼金屬纖維，比一般的棉花纖維更加柔這樣微細柔軟的不銹鋼纖維，在導電、吸音、過濾、耐切割、耐摩擦、耐腐蝕和耐高溫等方面具有優越的功能，而在遮罩電磁波方面的性能更是無與倫比。</p> <p>由於不銹鋼金屬纖維獨特的優越性能，使其產生七大主要功能：防電磁波、防靜電、導電、耐高溫、耐切割和摩擦，可過濾、吸隔音，在遮罩電磁波的傷害上，以短纖混紡不銹鋼纖維的梭織布為最佳，隨著不銹鋼混紡比率的增加，其遮罩率亦隨之增加，功能也越好。據紡織研發所測試，由 1 % 不銹鋼纖維製成的梭織布，在 1800Hz 環境下的電磁遮罩率為 88.86%，在 2450Hz 下則有 92.33% 的遮罩率；而含 3% 不銹鋼金屬纖維的梭織布，在 1806Hz 下有 98.43% 的遮罩率，在 2450Hz 下有 98.49% 的遮罩率；至於混紡 5% 的不銹鋼纖維，其產品均有 99% 以上的電磁遮罩率。</p> <p>在高頻方面，由於 dB 值的不同，其遮罩電磁波的效果亦不同。一般而言，在民用品上，20dB 值的混紡不銹鋼纖維已具有高效的遮罩電磁波功能。因此，產品透過金屬複合纖維製成之布料產生屏蔽效果，主要還是利用反射損失及吸收損失方式來達到屏蔽效果，當布料金屬含量越多它所產生的屏蔽效果就會越好，但相對的重量、柔軟度、透氣度及舒適度等等衣物的重要考慮因素，就會影響。</p>



<p>應用實例</p>	<p>不銹鋼纖維條</p>  <p>不銹鋼纖維長絲</p>  <p>剪切短纖維</p>  <p>不銹鋼纖維棉條</p> 
<p>資料來源</p>	<p>[1] 高綾霜、李貴琪-2005.6 不鏽鋼複合針織物對電磁波吸收效益之研究 ----華岡紡織期刊</p> <p>[2] <a href="https://goo.gl/3rS9Pt">https://goo.gl/3rS9Pt</a> 摩新國際科技</p>


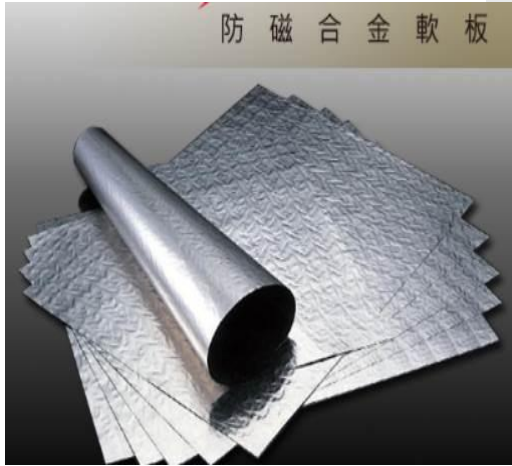

E2 技術名稱：防護窗簾																																																						
技術分類	個人防護技術																																																					
技術原理	技術原理同 B3																																																					
技術對策	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 新 Daylite: <table border="1"> <tr> <td>組合物</td> <td>78% 聚酯，21% 銅，1% 銀</td> <td rowspan="6"></td> </tr> <tr> <td>重量</td> <td>65 g/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>軋輥寬度</td> <td>260 mm</td> </tr> <tr> <td>顏色</td> <td>白色</td> </tr> <tr> <td>阻隔率</td> <td>1GHz (-25dB) 99.7%</td> </tr> <tr> <td>特點</td> <td>孔隙大，空氣對流較大</td> </tr> </table> </li> <li>● 紗 <table border="1"> <tr> <td>組合物</td> <td>83% 聚酯，16% 銅，1% 銀</td> <td rowspan="6"></td> </tr> <tr> <td>重量</td> <td>55 g/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>軋輥寬度</td> <td>250 mm</td> </tr> <tr> <td>顏色</td> <td>白色</td> </tr> <tr> <td>阻隔率</td> <td>1GHz (-35dB) 99.7%</td> </tr> <tr> <td>特點</td> <td>孔隙小，適用窗口常關閉</td> </tr> </table> </li> <li>● SHIELDON-040 <table border="1"> <tr> <td>組合物</td> <td>90% 的聚酯和 10% 的銀</td> <td rowspan="6"></td> </tr> <tr> <td>重量</td> <td>40 g/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>軋輥寬度</td> <td>150 mm</td> </tr> <tr> <td>顏色</td> <td>白色</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">阻隔率</td> <td>200MHz(-30dB) 99.9%</td> </tr> <tr> <td>900MHz(-23dB) 99.5%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2GHz(-16 dB)97.5%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4GHz(-10dB) 90%</td> </tr> </table> </li> <li>● SHIELDON -240 <table border="1"> <tr> <td>組合物</td> <td>50% 棉，21% 聚酯和 29% 不銹鋼金屬</td> <td rowspan="5"></td> </tr> <tr> <td>重量</td> <td>240 g/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>軋輥寬度</td> <td>150 mm</td> </tr> <tr> <td>顏色</td> <td>藍色牛仔布料</td> </tr> <tr> <td>阻隔率</td> <td>10MHz(-20dB) 99%</td> </tr> </table> </li> </ul>	組合物	78% 聚酯，21% 銅，1% 銀		重量	65 g/m <sup>2</sup>	軋輥寬度	260 mm	顏色	白色	阻隔率	1GHz (-25dB) 99.7%	特點	孔隙大，空氣對流較大	組合物	83% 聚酯，16% 銅，1% 銀		重量	55 g/m <sup>2</sup>	軋輥寬度	250 mm	顏色	白色	阻隔率	1GHz (-35dB) 99.7%	特點	孔隙小，適用窗口常關閉	組合物	90% 的聚酯和 10% 的銀		重量	40 g/m <sup>2</sup>	軋輥寬度	150 mm	顏色	白色	阻隔率	200MHz(-30dB) 99.9%	900MHz(-23dB) 99.5%		2GHz(-16 dB)97.5%		4GHz(-10dB) 90%	組合物	50% 棉，21% 聚酯和 29% 不銹鋼金屬		重量	240 g/m <sup>2</sup>	軋輥寬度	150 mm	顏色	藍色牛仔布料	阻隔率	10MHz(-20dB) 99%
	組合物	78% 聚酯，21% 銅，1% 銀																																																				
	重量	65 g/m <sup>2</sup>																																																				
	軋輥寬度	260 mm																																																				
	顏色	白色																																																				
	阻隔率	1GHz (-25dB) 99.7%																																																				
	特點	孔隙大，空氣對流較大																																																				
	組合物	83% 聚酯，16% 銅，1% 銀																																																				
	重量	55 g/m <sup>2</sup>																																																				
	軋輥寬度	250 mm																																																				
	顏色	白色																																																				
	阻隔率	1GHz (-35dB) 99.7%																																																				
	特點	孔隙小，適用窗口常關閉																																																				
	組合物	90% 的聚酯和 10% 的銀																																																				
	重量	40 g/m <sup>2</sup>																																																				
	軋輥寬度	150 mm																																																				
顏色	白色																																																					
阻隔率	200MHz(-30dB) 99.9%																																																					
	900MHz(-23dB) 99.5%																																																					
	2GHz(-16 dB)97.5%																																																					
	4GHz(-10dB) 90%																																																					
組合物	50% 棉，21% 聚酯和 29% 不銹鋼金屬																																																					
重量	240 g/m <sup>2</sup>																																																					
軋輥寬度	150 mm																																																					
顏色	藍色牛仔布料																																																					
阻隔率	10MHz(-20dB) 99%																																																					


應用實例



資料來源

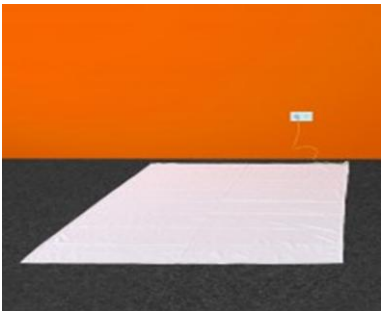

[1] <http://www.norad4u.com/4-steps-program>

E3 技術名稱：防護貼板(MAGNIC SHIELD)	
技術分類	個人防護技術
技術原理	<p>功用：是一種專門用來防低頻（Low Frequency）及極低 Extremely Low Frequency）電磁場干擾之遮蔽（Passive Shielding）的防護貼板。</p> <p>成份：由鐵錳鎳銅鉻等金屬合金製成，高導磁的磁場防護板可用來遮蔽變電箱、管道間、高壓電、電錶等高電流集中所產生的磁場加以屏蔽，本磁場防護板可貼附於牆壁上、天花板或地板上隔絕磁場。</p> <p>組成：複合基材(1)：EVA 3mm(t)高導磁合金層：0.1mm(t)；複合基材(2)：EVA 3mm(t)</p> 
技術對策	<p>主要是透過多種金屬(鎳、鐵、錳、矽及其他多種貴金屬)按比例冶煉而成具備高效率隔磁能力，主要還是利用反射損失及吸收損失方式來達到屏蔽效果。</p>
應用實例	  <p style="text-align: center;">防磁合金軟板</p> <p style="text-align: center;">防護貼片                      防護軟板</p>
資料來源	[1] <a href="https://goo.gl/3rS9Pt">https://goo.gl/3rS9Pt</a> 摩新國際科技






E4 技術名稱：防護玻璃紙	
技術分類	個人防護技術
技術原理	技術原理同 B3
技術對策	<p>用於高頻輻射（HF）屏蔽窗戶和玻璃表面的貴金屬塗層和自粘膜。專用於室內非吸熱玻璃應用。</p> <p>寬度：76 mm ~ 152 mm。</p> <p>阻隔率：在 1 GHz 時衰減 19-32 dB（屏蔽效率 99.37%）</p> <p>透光率：50 ~ 72%</p> <p>日光色：明亮的灰色。</p> <p>室內應用：主要在玻璃表面，但也在門和其他水平表面。</p> <p>安裝：背面有自粘膜，壓合於玻璃或其他水平表面。</p> <p>材料厚度：37.5 ~ 75 <math>\mu</math>m。</p> <p>屏蔽衰減：上面提到的屏蔽衰減值總是適用於 1Ghz。屏蔽衰減在電磁兼容實驗室定期測試，根據以下標準進行測量設置：ASTM D4935-10，IEEE 標準 299-2006，IEEE 標準 1128-1998，ASTM A698 / A698M-07。</p>
應用實例	
資料來源	<p>[1] <a href="http://www.norad4u.com/4-steps-program">http://www.norad4u.com/4-steps-program</a></p> <p>[2] <a href="http://bit.ly/2zrYVKS">http://bit.ly/2zrYVKS</a></p> <p>[3] <a href="http://bit.ly/2hUez84">http://bit.ly/2hUez84</a></p>



E5 技術名稱：EMR 防護簷篷	
技術分類	個人防護技術
技術原理	技術原理同 B3
技術對策	<p>目前市面提供防護簷篷設計仍以織布內添加金屬成分方式製成之織物為主，有 NEW-DAYLITE 織物（78% 聚酯，21% 銅，1% 銀，-25dB / RF 輻射的減少 99.7%）、YSHIELD VOILE（83% 聚酯，16% 銅，1% 銀，-35dB / 99.97%）及 YSHIELD Naturell（82% 棉，17% 銅，1% 銀，-35dB / 99.97%）。</p> <p>為考量舒適度關係，防護效果越好，織物之間的孔隙越小，所以造成的環境舒適度就可能越不好(例如空氣對流、睡眠者的呼吸等等)</p>
應用實例	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 金字塔形 底部寬度：300 mm，底部深度：300 mm， 高度：240 mm 用 60 mm 環以增加頂部寬度通過重疊開口容易進入 安裝：通過一個點在天花板上 顏色：白色 需要接地</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>● 箱形 寬度 130 厘米，深：230 厘米，高度：240 厘米 通過一個重疊開口容易進入。 顏色：白色 需要接地</li> </ul>  
資料來源	[1] <a href="http://www.4ehsbyehs.com/rf-protection/rf-blocking">http://www.4ehsbyehs.com/rf-protection/rf-blocking</a>

E6 技術名稱：防護地板墊	
技術分類	個人防護技術
技術原理	技術原理同 B3
技術對策	目前市面提供防護地墊設計仍以織布內添加金屬成分方式製成之織物為主，有 STEEL-TWIN(棉 68%，聚酯 16%，不銹鋼 16%)及尼龍，銅，鎳，保護塗層等組成之產品。
應用實例	<ul style="list-style-type: none"> <li>● EMF 防護單人地墊            形式：1 層地墊            寬度：140 mm，深度：250 mm            組合物：棉 68%，聚酯 16%，不銹鋼 16%            阻隔率：在 1 GHz 衰減 35 dB            重量：190 g/m<sup>2</sup>            顏色：正面淺灰色，背面銀色            尺寸穩定性：0.3%</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>● EMF 防護地墊 HNV80 - 2            形式：每圈 280 mm 的 HNV80            寬度：280 mm，深度：280 mm            阻隔率：在 1 GHz 時衰減 80 dB            組合物：尼龍，銅，鎳，保護塗層            重量：85 g/m<sup>2</sup>            顏色：棕色</li> </ul> 
資料來源	<p>[1] <a href="http://www.yshield.ca/emf-shielding-floor-mat-for-single">http://www.yshield.ca/emf-shielding-floor-mat-for-single</a></p> <p>[2] <a href="http://www.yshield.ca/floor-mat-from-hnv80-2-panels-for">http://www.yshield.ca/floor-mat-from-hnv80-2-panels-for</a></p>



E7 技術名稱：電磁輻射防護毯												
技術分類	個人防護技術											
技術原理	技術原理同 B3											
技術對策	<p>目前市面提供防護睡袋設計仍以織布內添加金屬成分方式製成之織物為主，網路上搜尋到有以 SHIELDON 240 織布製作而成之產品，可以阻止約 99% 的 RF (射頻) 輻射 (10MHz 的頻率的至 3 千兆赫)。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● SHIELDON -240</li> </ul> <table border="1"> <tr> <td>組合物</td> <td>50% 棉，21% 聚酯和 29% 不銹鋼金屬</td> <td rowspan="5">  </td> </tr> <tr> <td>重量</td> <td>240 g/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>軋輓寬度</td> <td>150 mm</td> </tr> <tr> <td>顏色</td> <td>藍色牛仔布料</td> </tr> <tr> <td>阻隔率</td> <td>10MHz(-20dB) 99%</td> </tr> </table>	組合物	50% 棉，21% 聚酯和 29% 不銹鋼金屬		重量	240 g/m <sup>2</sup>	軋輓寬度	150 mm	顏色	藍色牛仔布料	阻隔率	10MHz(-20dB) 99%
	組合物	50% 棉，21% 聚酯和 29% 不銹鋼金屬										
	重量	240 g/m <sup>2</sup>										
	軋輓寬度	150 mm										
	顏色	藍色牛仔布料										
	阻隔率	10MHz(-20dB) 99%										
應用實例	 <p>防護睡袋</p>											
	 <p>防護毯</p>											
資料來源	[1] <a href="http://www.4ehsbyehs.com/rf-protection/rf-protection-blanket">http://www.4ehsbyehs.com/rf-protection/rf-protection-blanket</a>											

E8 技術名稱：電磁輻射防護帽												
技術分類	個人防護技術											
技術原理	技術原理同 B3											
技術對策	<p>目前市面提供防護帽(套)設計仍以織布內添加金屬成分方式製成之織物為主，網路上搜尋到有以 SHIELDON 240 織布製作而成之產品，可以阻止約 99% 的 RF (射頻) 輻射 (10MHz 的頻率的至 3 千兆赫)。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● SHIELDON -240</li> </ul> <table border="1"> <tr> <td>組合物</td> <td>50%棉，21%聚酯和 29%不銹鋼金屬</td> <td rowspan="5"></td> </tr> <tr> <td>重量</td> <td>240 g/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>軋輓寬度</td> <td>150 mm</td> </tr> <tr> <td>顏色</td> <td>藍色牛仔布料</td> </tr> <tr> <td>阻隔率</td> <td>10MHz(-20dB) 99%</td> </tr> </table>	組合物	50%棉，21%聚酯和 29%不銹鋼金屬		重量	240 g/m <sup>2</sup>	軋輓寬度	150 mm	顏色	藍色牛仔布料	阻隔率	10MHz(-20dB) 99%
	組合物	50%棉，21%聚酯和 29%不銹鋼金屬										
重量	240 g/m <sup>2</sup>											
軋輓寬度	150 mm											
顏色	藍色牛仔布料											
阻隔率	10MHz(-20dB) 99%											
應用實例	 <p>帽子及臉部防護</p>											
資料來源	<p>[1] <a href="http://www.4ehsbyehs.com/protection-clothes/rf-protection-hat">http://www.4ehsbyehs.com/protection-clothes/rf-protection-hat</a></p> <p>[2] <a href="https://www.lessemf.com/personal.html#365">https://www.lessemf.com/personal.html#365</a></p>											

E9 技術名稱：電磁輻射防護衣												
技術分類	個人防護技術											
技術原理	技術原理同 B3											
技術對策	<p>目前市面提供防護衣褲設計仍以織布內添加金屬成分方式製成之織物為主，網路上搜尋到有以 SHIELDON 240 織布及 60%棉，10%聚酯纖維，30%不銹鋼纖維之比例製作成衣褲及以 89-90%棉、8-9%尼龍、2%銀之比例製作而成之內衣褲及以 95%人造絲，5%氨綸和 RadiaShield® 面料比例製作成之 BELLY BAND 產品，可以阻止約 99-99.9%的 RF (射頻) 輻射 (10MHz 的頻率的至 3 千兆赫)。</p> <p>● SHIELDON 240</p> <table border="1"> <tr> <td>組合物</td> <td>50%棉，21%聚酯和 29%不銹鋼金屬</td> <td rowspan="5">  </td> </tr> <tr> <td>重量</td> <td>240 g/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>軋輥寬度</td> <td>150 mm</td> </tr> <tr> <td>顏色</td> <td>藍色牛仔布料</td> </tr> <tr> <td>阻隔率</td> <td>10MHz(-20dB) 99%</td> </tr> </table>	組合物	50%棉，21%聚酯和 29%不銹鋼金屬		重量	240 g/m <sup>2</sup>	軋輥寬度	150 mm	顏色	藍色牛仔布料	阻隔率	10MHz(-20dB) 99%
	組合物	50%棉，21%聚酯和 29%不銹鋼金屬										
重量	240 g/m <sup>2</sup>											
軋輥寬度	150 mm											
顏色	藍色牛仔布料											
阻隔率	10MHz(-20dB) 99%											
應用實例	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>電磁輻射防護衣</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>電磁輻射防護褲</p> </div> </div>											
資料來源	<p>[1] <a href="http://www.4ehsbyehs.com/protection-clothes">http://www.4ehsbyehs.com/protection-clothes</a></p> <p>[2] <a href="https://www.lessemf.com/personal.html#365">https://www.lessemf.com/personal.html#365</a></p>											

E10 技術名稱：電磁輻射手套	
技術分類	個人防護技術
技術原理	技術原理同 B3
技術對策	目前市面提供之成品通常以以聚酯纖維為底料，然後用純銀纖維加撚。
應用實例	  
資料來源	[1] <a href="http://www.4ehsbyehs.com/protection-clothes">http://www.4ehsbyehs.com/protection-clothes</a> [2] <a href="https://www.lessemf.com/personal.html#365">https://www.lessemf.com/personal.html#365</a>



## 第六章 結論與建議

現代建築之室內環境，為因應舒適便利、安全管理、居家照護、通訊娛樂等時代需求，各類電器設備的數量隨之大增，電器設備的數量與種類早已非過往早期建築物的傳統規模。而大量增加的電子、通信、監控設備，其用電安全及所產生的電磁波干擾，對於人體健康恐存在不確定程度之影響。電磁波的健康風險雖然目前尚未有定論，但許多先進國家研究機構早已更高標準來規範相關的環境電磁波安全建議值。本研究以建築低頻電磁波（佈線、電器設備與其造成之相關電磁環境）風險預防的觀點進行前瞻性研究，所得結果可提供未來我國智慧建築健康舒適指標相關之室內電磁環境評估標準的增（修）訂參考基礎。文內所整理的各種電磁波防護技術亦可提供使用者與建築物進行電磁波防護設計參考。

### 第一節 結論

綜合本文的研究成果與分析，有以下之結論：

1. 本研究蒐集各國最新的低頻電磁波規範建議值，以供我國未來制訂相關指標與規範時的參考。雖然大部份的國家係參考歐盟 EC 與 ICNIRP 所制定的較寬鬆規範，但仍有部份國家在低頻電磁波的規範建議上採取比較嚴格的基準，並有許多國家規範不能在住宅區、學校等電磁波敏感地區新設置高壓輸送電纜線路與變電設備。減少對使用者的低頻電磁波健康威脅。
2. 本研究利用電磁波頻譜分析儀量測結果發現，電器設備在電源插座有效接地的情況下，低頻環境電場有大幅度的改善（量測值幾乎降為零），但環境磁場的變化則並不明顯。新建建築物在有正確接地的情況下進行低頻電磁波場域測定與評估時，可發現其環境低頻電磁波量測值低於未進行正確電源插座接地的較老舊建築物。
3. 從我國既有建築的接地現況調查發現，近年新建的建築物室內配線都使用三孔電源插座並有確實接地（接地電阻量測情況均為良好）。同時亦發現老舊的建築物，110V 電源插座皆採用二孔形式，其插座端並未正確接地，但是老舊建築物若同時設有 220V 電源插座者，所調查之案例均有正確接地，顯見過去許多舊建築物在 110V 電源插座的接地施工上有便宜行事的陋習。但因

為建築物本身都設有接地系統，未來可以鼓勵老舊建築物針對二孔電源插座進行接地改善。

4. 智慧建築有更高的自動化與資訊化，在建築設備、室內配線與弱電工程上比一般建築的造價高。但相對於一般建築物，智慧建築會使用更為嚴謹、系統化的室內佈線與建築物接地技術。實際於現場環境進行空間電磁波量測，可發現智慧建築在低頻電磁波的影響沒有比一般建築來的高，不過此部份不包括無線射頻的高頻電磁波量測。
5. 由心律變異性的人體試驗結果顯示，發現自律神經總活性(HRV)及交感神經活性(LF)在環境電場變化的情況下會有對應的變化。但是此項實驗檢測僅限短時間前後的檢測比對，不是長時間的觀察，所以還暫時無法下結論認為低頻電磁波對人體健康有所妨害；本研究建議仍須進行長期的觀察。
6. 本研究建議最簡單有效的低頻電磁波防護策略乃是採取正確的『電器設備接地』與『謹慎迴避』原則。所謂謹慎迴避原則是先要測定場域、找出居家環境中的電磁波來源並設法迴避（減少暴露風險）。讓建築物使用者儘量於電器設備使用時，增加和電磁波來源之間的安全距離，減少自身的電磁波曝露，這樣就能降低電磁波污染的健康風險。

## 第二節 建議

根據研究發現，本研究針對室內低頻電磁環境對人體健康之影響與對策，提出下列具體建議。以下分別從立即可行建議及中長期建議加以列舉

### 建議一

（加強新建建築物水電施工查核與鼓勵既有老舊建築物二孔電源插座正確接地之改善）立即可行之建議

主辦機關：內政部營建署、台灣電力公司

協辦機關：行政院工程會、各級營造廠、水電包商

由建管單位與台電加強稽核新建建築物接地工程之正確性，並輔導改善既有老舊建築物進行電源插座之接地施作，可引導承包商進行正確的建築配線與接地工程，有效改善建築物的低頻環境電場，同時可以提高民眾用電安全與降低電磁波的健康風險。



## 建議二

（謹慎迴避，保持安全距離）立即可行之建議

主辦機關：台灣電力公司

協辦機關：內政部建研所、全國民眾

對於低頻電磁波，許多專家的建議是採『謹慎迴避』的原則來面對。所謂謹慎迴避原則是先要測定場域、找出電磁波來源並設法迴避。讓建築物使用者儘量於電磁場設備正在使用時，減少自身的電磁波曝露，並增加和電磁波來源之間的安全距離，這樣就能降低電磁波污染的健康風險。建議可由台電加強宣導電氣產品的相關風險預防觀念，讓全國民眾有正確的電器使用習慣與電磁波安全防護觀念。

## 建議三

（建築佈線系統化並加以適當屏蔽）立即可行之建議

主辦機關：內政部營建署、台灣電力公司

協辦機關：內政部建研所、行政院工程會、各級營造廠、水電包商、全國民眾

由智慧建築的低頻電磁波量測結果顯示，更為嚴謹、系統化的室內佈線與建築物接地、屏蔽技術可降低低頻電磁波的影響。因此可建議未來新建建築物或舊建築物整修時，在建築佈線與相關管線的屏蔽材料使用上加以適當規範或建議，將可降低低頻電磁波的健康風險。

## 建議四

（電器製造商的電源線插頭全面三插化，提供用電器材正確的接地）長期性建議

主辦機關：經濟部標檢局

協辦機關：電器製造商、全國民眾

各種電器設備在有效接地的情況下，低頻環境電場均有大幅度的改善，可減少使用者暴露的電磁波風險。市面上仍有許多電器產品的電源線插頭仍為傳統二插式，但在歐美國家的電器用品插頭大都是三插的。雖然目前法規早已有建築物電器插座要有正確接地的規範，但電器用品電源插頭設計仍須配合才能達到功效。建議由經濟部商檢局訂定相關電源線插頭接地規範與電器製造商主動配合生產電源線有接地極之三插插頭。另外全國民眾在選購相關電器產品時，若能明白有接地設計的產品可提高自己的低頻電磁波防護效果，自然會選擇風險較低的電器

室內電磁環境對人體健康之影響與對策評估計畫

產品，導引廠商生產更安全的產品。

## 附錄

### 附錄一：

#### 人體試驗研究參與者同意書

計畫名稱：室內電磁環境對人體健康之影響與對策評估
執行單位：社團法人台灣綠建築發展協會、開南大學
主要主持人：廖子源 醫師 職稱： 電話： 0975-349041
共同主持人：張又升 副教授 職稱： 電話： 0918-502119
二十四小時緊急聯絡人電話： 0975-349041
研究參與者姓名：
性別： 出生日期：
通訊地址：
聯絡電話：
<p><b>1. 試驗緣起及目的：</b></p> <p>2016 年一篇由歐洲環境醫學學會發表的國際期刊指出慢性疾病和非特異性症狀的疾病正呈上升趨勢，醫師面臨越來越多原因不明的健康問題；除了社會和工作環境的慢性壓力，在家中、工作中及休閒活動時的物理性和化學性曝露，是值得來重視和研究。未來有必要將如電磁場（EMF）之類的「新風險」考慮在風險因子之內。研究觀察發現電磁場曝露與健康問題之間的相互作用；經常被忽視。新興的電磁波過敏症(EHS)得到越來越多的認同。常見 EHS 的症狀包括頭痛、疲勞、類似感冒症狀、注意力難集中、睡眠障礙、抑鬱症及缺乏活力。建議如果能充分降低不利的電磁場曝露，身體有一定機率恢復，EHS 症狀就會減輕，甚至消失。</p> <p>為了研究電磁環境對人體健康影響，採用ANSWatch心律大師腕式生理監視器，ANSWatch心律大師腕式生理監視器可同時量測心跳、血壓、自律神經，在臨床及居家應用上都是一個既方便又準確之醫療器材。台灣科學地(股)公司(Taiwan Scientific)經過多年研究，並結合國內外醫學研究團隊(包括工業研究院</p>

生醫工程中心、三軍總醫院、慈濟醫學院、美國猶他州Medical Physics Corp.、美國猶他州 Center for Performance and Longevity、美國奧克拉荷馬州 Lynn Health Research Institute及美國猶他州Sun Scientific Corp.)，利用動物及人體試驗證實心率變異性及自律神經系統活性可透過手腕橈動脈之血壓波型測得。心電圖( ECG)量測的是心肌釋放出來的電波，而心律大師腕式生理監視器量測的則是描述血壓波型的壓力，利用獨特的生物壓電感應器(台灣,美國,及全球專利)，將手腕橈動脈的血壓波型(即醫師把脈之處)轉換成電壓，再經過過濾、放大及分析等演算過程，可以精確地測得HRV(心律變異)及相關之自律神經活性指標；心率變異性除了可以一般時間範圍分析(Time Domain Analysis)算出心率平均值及標準偏差外,還可以頻譜分析(Frequency Domain Analysis)計算出特定頻率範圍之功率。在生理學上，ECG所量測的電波訊號(驅動心臟打血之訊號)為上游指標，而ANSWatch

心律大師腕式生理監視器所量測之血壓訊號(心臟輸出血液之訊號)則為下游指標，而兩者所量測的心率變異性都是來自調解心率的自律神經系統。

採用ANSWatch心律大師腕式生理監視器進行環境實地比對，將實驗空間(設計為有插座接地及插座無接地)，檢測人體在低頻電磁波環境影響下之身心壓力評估，藉由此研究找出電磁波與居住環境的影響。

## 2. 試驗之主要納入與排除條件：

試驗期間：2017年6月1日~2017年12月31日，預計收案人數：50人。

(一) 納入條件：20歲以上，70歲以下。

(二) 排除條件：心腦血管疾病、身心障礙者、心律不整者、裝有心臟節律器者、孕婦。

## 3. 試驗方法及相關檢驗：

試驗地點：開南大學卓越樓B969研究室。

試驗流程：請受測者輕鬆坐在椅子上(內部空間設計為插座接地與未接地)，將ANSWatch心律大師腕式生理監視器套在左手腕上進行HRV檢測，本研究每位研究參予者分前(使用插座接地)、後(使用插座未接地)測試比對，預計花費時間為5分鐘/次，前後受測間隔十五分鐘，每人前後檢測各一次，預計受測者共50人。實驗空間插座有接地時電磁場0.3mG，低頻電場0-2V/m；插座無接地時電磁場0.3mG，低頻電場30-40V/m。

**4. 可能產生之副作用、發生率及處理方法：**

電磁波對人體產生的負面影響，可能與電磁波強度、接觸時間、距離有關，世界各國對低頻電磁環境的預警值不一，德國與美國為1mG，台灣則是833mG，本次實驗空間低頻電磁波為0.3mG，低頻電磁波的安全值遠低於各國的預警值甚多，甚至比研究參予者居家使用電器產品的電磁波還低，檢測時間短副作用極微，若研究參予者有任何不適，立即終止檢測，如有需要可協助就醫照護。

**5. 試驗預期效益：**

本研究提出實驗數據，並參考各種低頻電磁波防護技術，提出建築物在插座接地與室內配線設計上的改善建議，以做為我國建築物在改善低頻電磁波風險預防設計上的參考。

**6. 試驗進行中研究參與者之禁忌、限制與應配合之事項：**

研究參與者於試驗前應有充足之睡眠，放鬆心情，並禁止飲用茶、咖啡、酒類等刺激性飲食。

**7. 機密性：**

將研究參予者基本資料以及檢驗數據等資料，以代碼保存，以確保研究參予者隱私不外洩。辨認研究參與者身分之紀錄應保密，且在相關法律及法規要求下將不公開。如果發表試驗結果，研究參與者之身分仍將保密。

經由簽署研究參與者同意書，研究參與者即同意其受測資料可直接受監測者、稽核者、人體試驗委員會及主管機關檢閱，以確保臨床試驗過程與數據符合相關法律及法規要求，並承諾絕不違反研究參與者身分之機密性。

本研究資料將存放於開南大學卓越樓B969研究室內上鎖之公文櫃內，由廖子源助理教授負責保管。

**8. 衍生商業利益歸屬：無。****9. 試驗結果報告發表方式：**

提供服務建議書予內政部建築研究所參考之用。

**10. 損害補償與保險：**

(1) 如依本研究所訂試驗計畫，因發生不良反應造成損害，由社團法人台灣綠建築發展協會負擔補償責任。

(2) 如依本研究所訂試驗計畫因而引發不良反應、副作用或傷害，請立即通知我們的緊急聯絡人(開南大學廖子源 醫師，聯絡電話：0975-349041)，

緊急聯絡人將協助您醫療處理與照顧。

(3) 除前二項補償及醫療照顧外，本研究不提供其他形式之補償。若您不願意接受這樣的風險，請勿參加試驗。

(4) 您不會因為簽署本同意書，而喪失在法律上的任何權利。

#### 11. 研究參與者權利：

(1) 試驗過程中，與您的健康或是疾病有關，可能影響您繼續接受試驗意願的任何重大發現，都將即時提供給您。

(2) 如果您在試驗過程中對試驗工作性質產生疑問，對本身之權利有意見或懷疑因參與研究而受害時，可與本計畫審查機構之聯合人體試驗委員會聯絡請求諮詢，聯絡電話為：02-28737133或試驗主持人：開南大學廖子源醫師，聯絡電話為：0975-349041。

#### 12. 費用負擔與補助：

研究參與者參加試驗無任何酬勞或其他補助費用，研究參與者亦無需要額外付費。

#### 13. 試驗之退出與中止：

您可自由決定是否參加本試驗；試驗過程中也可隨時撤銷同意，退出試驗，不需任何理由，不需負任何賠償責任。試驗主持人亦可能於必要時中止該試驗之進行。

#### 14. 簽名：

主要主持人、或協同主持人已詳細解釋有關本研究計畫中上述研究方法的性質與目的，及可能產生的危險與利益。

主要主持人/協同主持人簽名（正楷）：\_\_\_\_\_ 簽名：\_\_\_\_\_

日期：\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日

#### 研究參與者聲明：

\_\_\_\_\_主要主持人/協同主持人已向我詳細說明本研究的性質、目的、程序、風險、注意事項和研究參與者的權利，而我對上述內容亦已充分了解，並得到承諾，在我簽署這同意書之後（一式兩份）其中一份同意書將交給我。

本人同意接受為試驗計畫的自願研究參與者。

研究參與者簽名（正楷）：\_\_\_\_\_ 簽名：\_\_\_\_\_

日期：\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日

附錄二：

室內電磁環境對人體健康之影響與對策評估計畫  
專家座談會會議記錄

時間：106年7月4日(二) 下午14：30

地點：財團法人台灣建築中心會議室

與會人員：高雄海慧診所杜俊賢院長、丞泰工程技術顧問公司張宗寶主持技師、王朝雍建築事務所王朝雍建築師、游鉞益建築師事務所游鉞益建築師、台灣電磁輻射公害防治協會吳麗慧常務理事、台灣電磁輻射公害防治協會粘麗玉主任、健伸國際股份有限公司吳逸宏經理、健伸國際股份有限公司邱繼億工程師、建築研究所同仁



圖1 專家座談會會議現場



## 專家學者座談重點摘錄

專家意見摘要如下：

1. 防電磁波使用接地裝置，可改善電場而無法屏蔽磁場，在配線管路時可使用EMT管或矽鋼片來屏蔽磁場，但因成本考量，使用者較少。目前超高樓層已有規定配線管路需使用EMT管。
2. 戶外環境的公共管路若埋的不夠深，電磁波仍無法避免。
3. 若新的建案都改直流生活就能減少電磁波。
4. 健康住宅若使用交流電，應設有環境參考值以作為建案的評估方向。
5. 電磁波對人體之危害，應有數據提醒國人重視。
6. 台灣設定的電磁波安全值太高，應參考歐美的安全值。
7. 國內外許多的報告中電磁波對人體的危害，尤其對電磁波敏感體質的人相當困擾。
8. 有些住宅環境也有潛在危機，經過檢測發現許多是外在環境電場的干擾，希望政府能重視此一議題。
9. 太陽能發電能節能減碳又能減少電磁波傷害，但要用太陽能電力供應全戶電力，目前仍有困難。
10. 建築管路配線有時也會影響到隔壁住家產生電場干擾。
11. 雖然建築物已有接地，但是目前許多的電器產品仍未作接地設計。
12. 教育國人用電習慣，沒有使用的電器產品應拔除插頭，已減少電磁波干擾。
13. 政府機關應該制定室內電磁波檢測方法及安全標準。
14. 室內電場的健康研究指引內容可供建築師及設計師參考，尤其接地配線的重要性。
15. 電磁波防護與健康不該侷限於智慧建築，應以一般住宅做規劃、設計與防護。
16. 測試條件要嚴謹，測試如有結果，將可作為日後為健康環境設計提供參考。
17. 建築設計上增設迴路--配電盤細分化，能使建築節能又能降低電磁波危害。
18. 建議未來建案應落實插座接地裝置，也希望未來家電產品設計插頭都有接地功能。

附錄三：

### 自律神經(ANS)檢查報告彙整

## 自律神經(ANS)檢查報告

插座有接地  
電磁場0.3mG  
低頻電場0-2V/m

檢測編號：009  
姓名：廖009  
生日：1995/09/30 00:00:00  
血型：Unknown

檢查日期：2017/06/30 11:25:48  
性別：男  
檢查時年齡：21 歲 273 天  
身高：176.0 公分 體重：75.0 公斤

生理參數：

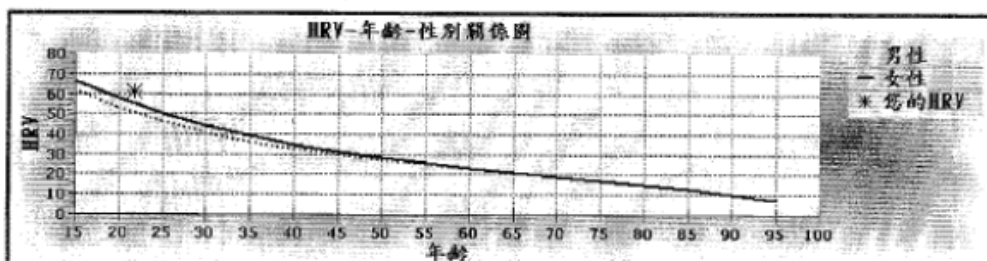
- 收縮壓(SYS. BP)：116 mmHg
- 舒張壓(DIA. BP)：70 mmHg
- 心跳(HR)：68 次/分
- 自律神經總活性(HRV)：61 ms
- LF%(交感神經活性)：43 %
- HF%(副交感神經活性)：57 %
- LF/HF(交感/副交感平衡指標)：0.8

健康評估：

- |  |                                |  |                               |                             |
|--|--------------------------------|--|-------------------------------|-----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 太高                          | <input type="checkbox"/> 偏高    | <input checked="" type="checkbox"/> 正常 | <input type="checkbox"/> 偏低   | <input type="checkbox"/> 太低 |
| <input type="checkbox"/> 太高                          | <input type="checkbox"/> 偏高    | <input checked="" type="checkbox"/> 正常 | <input type="checkbox"/> 偏低   | <input type="checkbox"/> 太低 |
| <input type="checkbox"/> 太高                          | <input type="checkbox"/> 偏高    | <input checked="" type="checkbox"/> 正常 | <input type="checkbox"/> 偏低   | <input type="checkbox"/> 太低 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 良好               | <input type="checkbox"/> 正常    | <input type="checkbox"/> 偏低            | <input type="checkbox"/> 太低   |                             |
| <input type="checkbox"/> 太高                          | <input type="checkbox"/> 偏高    | <input checked="" type="checkbox"/> 正常 | <input type="checkbox"/> 偏低   | <input type="checkbox"/> 太低 |
| <input type="checkbox"/> 太高                          | <input type="checkbox"/> 偏高    | <input checked="" type="checkbox"/> 正常 | <input type="checkbox"/> 偏低   | <input type="checkbox"/> 太低 |
| <input type="checkbox"/> 交感過盛                        | <input type="checkbox"/> 交感稍強  | <input type="checkbox"/> 正常            |                               |                             |
| <input checked="" type="checkbox"/> 副交感稍強            | <input type="checkbox"/> 副交感過盛 |  |                               |                             |
| <input checked="" type="checkbox"/> 不規則心跳數：1 次(5分鐘內) | <input type="checkbox"/> 正常    | <input type="checkbox"/> 身體移動或咳嗽       | <input type="checkbox"/> 心律不整 |                             |

您的HRV生理年齡與正常人比較如下(曲線上方：較年輕；下方：較老化)

您的HRV生理年齡： < 15 歲



建議事項：

插座有接地

列印時間：2017/07/18 09:13:42

檢測：廖子源

本次檢查採用世界專利心律大師/ANSWatch腕式生理監視器

插座無接地

電磁場0.3mG

低頻電場30-40V/m

# 自律神經(ANS)檢查報告

檢測編號：009

檢查日期：2017/06/30 10:44:37

姓名：廖009

性別：男

生日：1995/09/30 00:00:00

檢查時年齡：21 歲 273 天

血型：Unknown

身高：176.0 公分 體重：75.0 公斤

生理參數：

健康評估：

■ 收縮壓(SYS. BP)：98 mmHg

太高  偏高  正常  偏低  太低

■ 舒張壓(DIA. BP)：69 mmHg

太高  偏高  正常  偏低  太低

■ 心跳(HR)：71 次/分

太高  偏高  正常  偏低  太低

■ 自律神經總活性(HRV)：56 ms

良好  正常  偏低  太低

■ LF%(交感神經活性)：68 %

太高  偏高  正常  偏低  太低

■ HF%(副交感神經活性)：32 %

太高  偏高  正常  偏低  太低

■ LF/HF(交感/副交感平衡指標)：2.1

交感過盛  交感稍強  正常

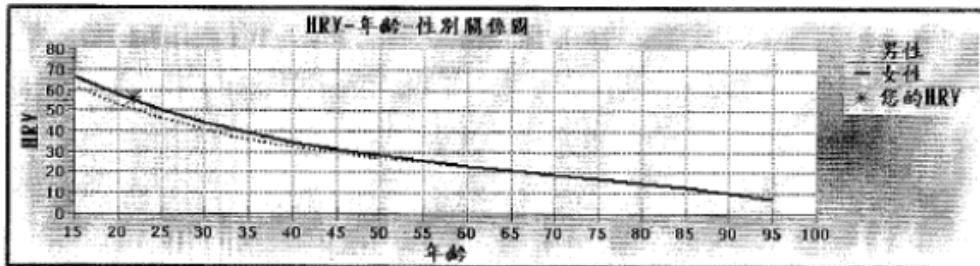
副交感稍強  副交感過盛

■ 不規則心跳數：0 次(5分鐘內)

正常  身體移動或咳嗽  心律不整

您的HRV生理年齡與正常人比較如下(曲線上方：較年輕；下方：較老化)

您的HRV生理年齡：20.0 歲



建議事項：

插座無接地

列印時間：2017/07/18 09:14:06

檢測：廖子源

本次檢查採用世界專利心律大師/ANSwatch腕式生理監視器

插座有接地  
電磁場0.3mG  
低頻電場0-2V/m

## 自律神經(ANS)檢查報告

檢測編號：011  
姓名：吳011  
生日：1996/04/21 00:00:00  
血型：Unknown

檢查日期：2017/06/30 14:57:37  
性別：女  
檢查時年齡：21 歲 70 天  
身高：165.0 公分 體重：52.0 公斤

### 生理參數：

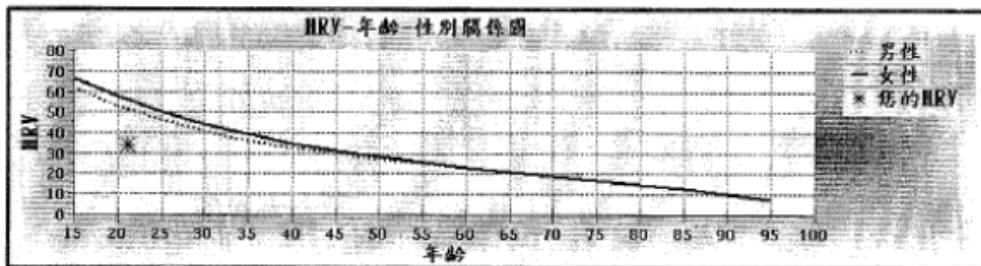
收縮壓(SYS. BP)：100 mmHg  
 舒張壓(DIA. BP)：64 mmHg  
 心跳(HR)：75 次/分  
 自律神經總活性(HRV)：34 ms  
 LF%(交感神經活性)：39 %  
 HF%(副交感神經活性)：61 %  
 LF/HF(交感/副交感平衡指標)：0.6  
 不規則心跳數：0 次(5分鐘內)

### 健康評估：

太高  偏高  正常  偏低  太低  
 太高  偏高  正常  偏低  太低  
 太高  偏高  正常  偏低  太低  
 良好  正常  偏低  太低  
 太高  偏高  正常  偏低  太低  
 太高  偏高  正常  偏低  太低  
 交感過盛  交感稍強  正常  
 副交感稍強  副交感過盛  
 正常  身體移動或咳嗽  心律不整

您的HRV生理年齡與正常人比較如下(曲線上方：較年輕；下方：較老化)

您的HRV生理年齡：40.0 歲



### 建議事項：

插座有接地

列印時間：2017/07/18 09:14:39

檢測：廖子源

本次檢查採用世界專利心律大師/ANSWatch腕式生理監視器

插座無接地

電磁場0.3mG

低頻電場30-40V/m

# 自律神經(ANS)檢查報告

檢測編號：011

檢查日期：2017/06/30 14:42:42

姓名：吳011

性別：女

生日：1996/04/21 00:00:00

檢查時年齡：21 歲 70 天

血型：Unknown

身高：165.0 公分 體重：52.0 公斤

## 生理參數：

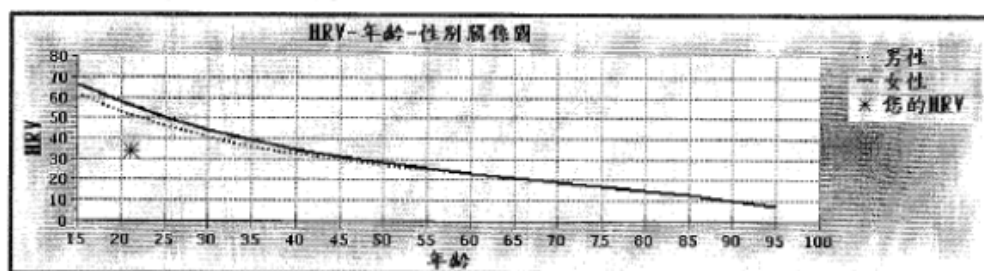
- 收縮壓(SYS. BP)：99 mmHg
- 舒張壓(DIA. BP)：64 mmHg
- 心跳(HR)：75 次/分
- 自律神經總活性(HRV)：34 ms
- LF%(交感神經活性)：63 %
- HF%(副交感神經活性)：37 %
- LF/HF(交感/副交感平衡指標)：1.7
- 不規則心跳數：0 次(5分鐘內)

## 健康評估：

- |  |  |  |  |                             |
|--|--|--|--|-----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 太高            | <input type="checkbox"/> 偏高              | <input type="checkbox"/> 正常            | <input checked="" type="checkbox"/> 偏低 | <input type="checkbox"/> 太低 |
| <input type="checkbox"/> 太高            | <input type="checkbox"/> 偏高              | <input checked="" type="checkbox"/> 正常 | <input type="checkbox"/> 偏低            | <input type="checkbox"/> 太低 |
| <input type="checkbox"/> 太高            | <input type="checkbox"/> 偏高              | <input checked="" type="checkbox"/> 正常 | <input type="checkbox"/> 偏低            | <input type="checkbox"/> 太低 |
| <input type="checkbox"/> 良好            | <input type="checkbox"/> 正常              | <input type="checkbox"/> 偏低            | <input checked="" type="checkbox"/> 太低 |                             |
| <input type="checkbox"/> 太高            | <input checked="" type="checkbox"/> 偏高   | <input type="checkbox"/> 正常            | <input type="checkbox"/> 偏低            | <input type="checkbox"/> 太低 |
| <input type="checkbox"/> 太高            | <input type="checkbox"/> 偏高              | <input type="checkbox"/> 正常            | <input checked="" type="checkbox"/> 偏低 | <input type="checkbox"/> 太低 |
| <input type="checkbox"/> 交感過盛          | <input checked="" type="checkbox"/> 交感稍強 | <input type="checkbox"/> 正常            |  |                             |
| <input type="checkbox"/> 副交感稍強         | <input type="checkbox"/> 副交感過盛           |  |  |                             |
| <input checked="" type="checkbox"/> 正常 | <input type="checkbox"/> 身體移動或咳嗽         | <input type="checkbox"/> 心律不整          |  |                             |

您的HRV生理年齡與正常人比較如下(曲線上方：較年輕；下方：較老化)

您的HRV生理年齡：40.0 歲



## 建議事項：

插座無接地

列印時間：2017/07/18 09:15:00

檢測：廖子源

本次檢查採用世界專利心搏大師/ANSWatch腕式生理監視器

插座有接地  
電磁場0.3mG  
低頻電場0-2V/m

## 自律神經(ANS)檢查報告

檢測編號：020  
姓名：曹020  
生日：1968/03/23 00:00:00  
血型：Unknown

檢查日期：2017/07/10 11:15:49  
性別：男  
檢查時年齡：49 歲 109 天  
身高：180.0 公分 體重：90.0 公斤

### 生理參數：

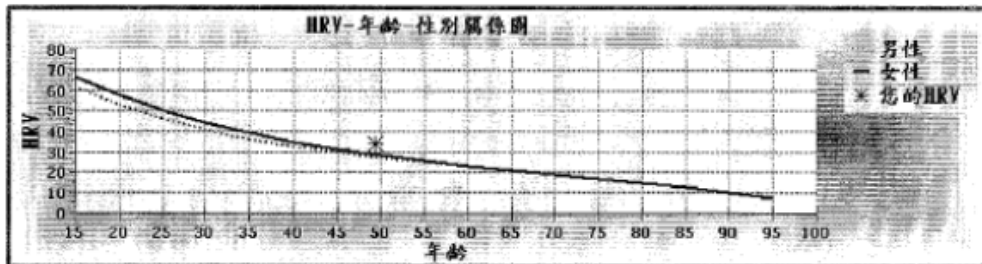
■ 收縮壓(SYS. BP)：127 mmHg  
■ 舒張壓(DIA. BP)：79 mmHg  
■ 心跳(HR)：70 次/分  
■ 自律神經總活性(HRV)：34 ms  
■ LF%(交感神經活性)：55 %  
■ HF%(副交感神經活性)：45 %  
■ LF/HF(交感/副交感平衡指標)：1.2  
■ 不規則心跳數：0 次(5分鐘內)

### 健康評估：

太高  偏高  正常  偏低  太低  
 太高  偏高  正常  偏低  太低  
 太高  偏高  正常  偏低  太低  
 良好  正常  偏低  太低  
 太高  偏高  正常  偏低  太低  
 太高  偏高  正常  偏低  太低  
 交感過盛  交感稍強  正常  
 副交感稍強  副交感過盛  
 正常  身體移動或咳嗽  心律不整

您的HRV生理年齡與正常人比較如下(曲線上方：較年輕；下方：較老化)

您的HRV生理年齡：37.0 歲



### 建議事項：

插座有接地

列印時間：2017/07/18 09:27:00

檢測：廖子源

本次檢查採用世界專利心律大師/ANSWatch腕式生理監視器



插座無接地

電磁場0.3mG

低頻電場30-40V/m

# 自律神經(ANS)檢查報告

檢測編號：020

檢查日期：2017/07/10 10:54:12

姓名：曹020

性別：男

生日：1968/03/23 00:00:00

檢查時年齡：49 歲 109 天

血型：Unknown

身高：180.0 公分 體重：90.0 公斤

## 生理參數：

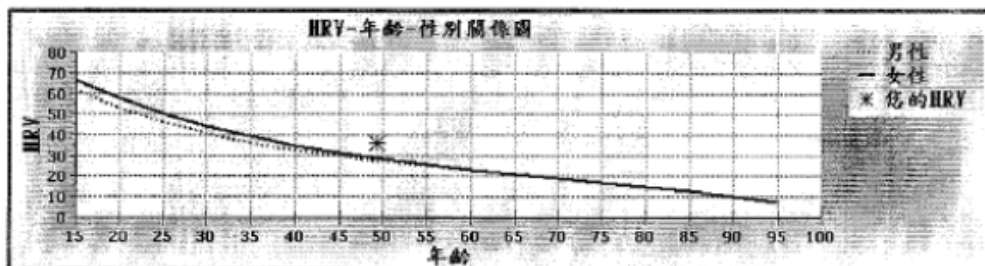
- 收縮壓(SYS. BP)：105 mmHg
- 舒張壓(DIA. BP)：74 mmHg
- 心跳(HR)：67 次/分
- 自律神經總活性(HRV)：36 ms
- LF%(交感神經活性)：68 %
- HF%(副交感神經活性)：32 %
- LF/HF(交感/副交感平衡指標)：2.1
- 不規則心跳數：0 次(5分鐘內)

## 健康評估：

- |  |  |  |  |                             |
|--|--|--|--|-----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 太高            | <input type="checkbox"/> 偏高              | <input checked="" type="checkbox"/> 正常 | <input type="checkbox"/> 偏低            | <input type="checkbox"/> 太低 |
| <input type="checkbox"/> 太高            | <input type="checkbox"/> 偏高              | <input checked="" type="checkbox"/> 正常 | <input type="checkbox"/> 偏低            | <input type="checkbox"/> 太低 |
| <input type="checkbox"/> 太高            | <input type="checkbox"/> 偏高              | <input checked="" type="checkbox"/> 正常 | <input type="checkbox"/> 偏低            | <input type="checkbox"/> 太低 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 良好 | <input type="checkbox"/> 正常              | <input type="checkbox"/> 偏低            | <input type="checkbox"/> 太低            |                             |
| <input type="checkbox"/> 太高            | <input checked="" type="checkbox"/> 偏高   | <input type="checkbox"/> 正常            | <input type="checkbox"/> 偏低            | <input type="checkbox"/> 太低 |
| <input type="checkbox"/> 太高            | <input type="checkbox"/> 偏高              | <input type="checkbox"/> 正常            | <input checked="" type="checkbox"/> 偏低 | <input type="checkbox"/> 太低 |
| <input type="checkbox"/> 交感過盛          | <input checked="" type="checkbox"/> 交感稍強 | <input type="checkbox"/> 正常            |  |                             |
| <input type="checkbox"/> 副交感稍強         | <input type="checkbox"/> 副交感過盛           |  |  |                             |
| <input checked="" type="checkbox"/> 正常 | <input type="checkbox"/> 身體移動或咳嗽         | <input type="checkbox"/> 心律不整          |  |                             |

您的HRV生理年齡與正常人比較如下(曲線上方：較年輕；下方：較老化)

您的HRV生理年齡：35.0 歲



## 建議事項：

插座無接地

列印時間：2017/07/18 09:27:35

檢測：廖子源

本次檢查採用世界專利心律大師/ANSWatch腕式生理監視器



插座有接地  
電磁場0.3mG  
低頻電場0-2V/m

## 自律神經(ANS)檢查報告

檢測編號：026

檢查日期：2017/07/13 11:09:09

姓名：徐026

性別：女

生日：1960/01/10 00:00:00

檢查時年齡：57 歲 185 天

血型：Unknown

身高：163.0 公分 體重：60.0 公斤

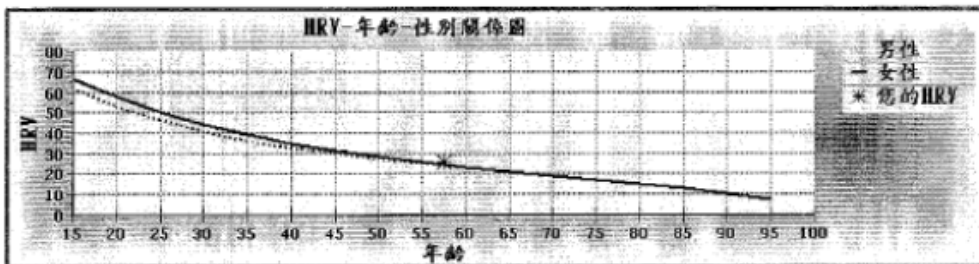
生理參數：

健康評估：

- |   |   |  |  |  |                             |
|---|---|--|--|--|-----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 收縮壓(SYS. BP)：107 mmHg | <input type="checkbox"/> 太高               | <input type="checkbox"/> 偏高            | <input checked="" type="checkbox"/> 正常 | <input type="checkbox"/> 偏低            | <input type="checkbox"/> 太低 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 舒張壓(DIA. BP)：69 mmHg  | <input type="checkbox"/> 太高               | <input type="checkbox"/> 偏高            | <input checked="" type="checkbox"/> 正常 | <input type="checkbox"/> 偏低            | <input type="checkbox"/> 太低 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 心跳(HR)：83 次/分         | <input type="checkbox"/> 太高               | <input type="checkbox"/> 偏高            | <input checked="" type="checkbox"/> 正常 | <input type="checkbox"/> 偏低            | <input type="checkbox"/> 太低 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 自律神經總活性(HRV)：26 ms    | <input type="checkbox"/> 良好               |  | <input checked="" type="checkbox"/> 正常 | <input type="checkbox"/> 偏低            | <input type="checkbox"/> 太低 |
| <input checked="" type="checkbox"/> LP%(交感神經活性)：35 %      | <input type="checkbox"/> 太高               | <input type="checkbox"/> 偏高            | <input type="checkbox"/> 正常            | <input checked="" type="checkbox"/> 偏低 | <input type="checkbox"/> 太低 |
| <input checked="" type="checkbox"/> HF%(副交感神經活性)：65 %     | <input type="checkbox"/> 太高               | <input checked="" type="checkbox"/> 偏高 | <input type="checkbox"/> 正常            | <input type="checkbox"/> 偏低            | <input type="checkbox"/> 太低 |
| <input checked="" type="checkbox"/> LF/HF(交感/副交感平衡指標)：0.5 | <input type="checkbox"/> 交感過盛             |  | <input type="checkbox"/> 交感稍強          |  | <input type="checkbox"/> 正常 |
|   | <input checked="" type="checkbox"/> 副交感稍強 |  | <input type="checkbox"/> 副交感過盛         |  |                             |
| <input checked="" type="checkbox"/> 不規則心跳數：0 次(5分鐘內)      | <input checked="" type="checkbox"/> 正常    | <input type="checkbox"/> 身體移動或咳嗽       |  | <input type="checkbox"/> 心律不整          |                             |

您的HRV生理年齡與正常人比較如下(曲線上方：較年輕；下方：較老化)

您的HRV生理年齡：55.0 歲



建議事項：

插座有接地

列印時間：2017/07/18 09:32:58

檢測：廖子源

本次檢查採用世界專利心律大師/ANSWatch腕式生理監視器

插座無接地

電磁場0.3mG

低頻電場30-40V/m

# 自律神經(ANS)檢查報告

檢測編號：026

檢查日期：2017/07/13 10:46:05

姓名：徐026

性別：女

生日：1960/01/10 00:00:00

檢查時年齡：57 歲 185 天

血型：Unknown

身高：163.0 公分 體重：60.0 公斤

## 生理參數：

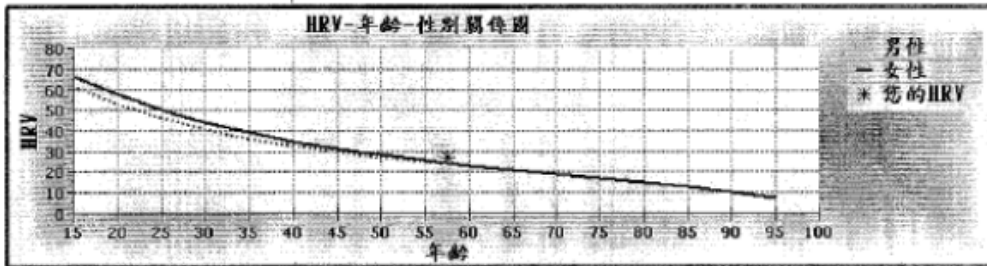
- 收縮壓(SYS. BP)：105 mmHg
- 舒張壓(DIA. BP)：70 mmHg
- 心跳(HR)：79 次/分
- 自律神經總活性(HRV)：27 ms
- LF%(交感神經活性)：40 %
- HF%(副交感神經活性)：60 %
- LF/HF(交感/副交感平衡指標)：0.7
- 不規則心跳數：0 次(5分鐘內)

## 健康評估：

- |   |  |  |                             |                             |
|---|--|--|-----------------------------|-----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 太高               | <input type="checkbox"/> 偏高            | <input checked="" type="checkbox"/> 正常 | <input type="checkbox"/> 偏低 | <input type="checkbox"/> 太低 |
| <input type="checkbox"/> 太高               | <input type="checkbox"/> 偏高            | <input checked="" type="checkbox"/> 正常 | <input type="checkbox"/> 偏低 | <input type="checkbox"/> 太低 |
| <input type="checkbox"/> 太高               | <input type="checkbox"/> 偏高            | <input checked="" type="checkbox"/> 正常 | <input type="checkbox"/> 偏低 | <input type="checkbox"/> 太低 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 良好    | <input type="checkbox"/> 正常            | <input type="checkbox"/> 偏低            | <input type="checkbox"/> 太低 |                             |
| <input type="checkbox"/> 太高               | <input type="checkbox"/> 偏高            | <input checked="" type="checkbox"/> 正常 | <input type="checkbox"/> 偏低 | <input type="checkbox"/> 太低 |
| <input type="checkbox"/> 太高               | <input checked="" type="checkbox"/> 偏高 | <input type="checkbox"/> 正常            | <input type="checkbox"/> 偏低 | <input type="checkbox"/> 太低 |
| <input type="checkbox"/> 交感過盛             | <input type="checkbox"/> 交感稍強          | <input type="checkbox"/> 正常            |                             |                             |
| <input checked="" type="checkbox"/> 副交感稍強 | <input type="checkbox"/> 副交感過盛         |  |                             |                             |
| <input checked="" type="checkbox"/> 正常    | <input type="checkbox"/> 身體移動或咳嗽       | <input type="checkbox"/> 心律不整          |                             |                             |

您的HRV生理年齡與正常人比較如下(曲線上方：較年輕；下方：較老化)

您的HRV生理年齡：52.5 歲



## 建議事項：

插座無接地

列印時間：2017/07/18 09:33:12

檢測：廖子源

本次檢查採用世界專利心律大師/ANSWatch腕式生理監視器

## 附錄四：

## 常用居家電器電磁波測量結果彙整

測量條件								
測量參數	測量時間	取樣數	測量條件	背景值		溫度	濕度	日期
50/60Hz	1分鐘	100ms/次	最大功率	電場(v/m)	磁場(mG)	28	55	1060721
				44.8117	0.3583			
測量結果								
測量距離(cm)	電場(v/m)				磁場(mG)			
	最小值	最大值	平均值	最大頻率	最小值	最大值	平均值	最大頻率
30	3.3669	84.6273	43.9971	59.4	0.0060	0.7203	0.3662	59.0
60	3.4287	85.6039	44.5163	59.4	0.0703	0.6538	0.3621	60.6
100	3.3790	85.3261	44.3525	59.4	0.0965	0.6585	0.3775	59.8

測量條件								
測量參數	測量時間	取樣數	測量條件	背景值		溫度	濕度	日期
50/60Hz	1分鐘	100ms/次	最大功率	電場(v/m)	磁場(mG)	28	55	1060721
				44.8117	0.3583			
測量結果								
測量距離(cm)	電場(v/m)				磁場(mG)			
	最小值	最大值	平均值	最大頻率	最小值	最大值	平均值	最大頻率
30	2.6763	83.7673	43.2218	59.0	0.0489	0.6460	0.3475	59.8
60	3.3610	83.8620	43.6115	58.2	0.1442	0.6641	0.4042	60.2
100	3.4216	84.5670	43.9943	59.4	0.1015	0.6620	0.3817	59

測量條件								
測量參數	測量時間	取樣數	測量條件	背景值		溫度	濕度	日期
50/60Hz	1分鐘	100ms/次	最大功率	電場(v/m)	磁場(mG)	28	55	1060721
				44.8117	0.3583			
測量結果								
測量距離(cm)	電場(v/m)				磁場(mG)			
	最小值	最大值	平均值	最大頻率	最小值	最大值	平均值	最大頻率
30	1.2518	42.6306	21.9412	61.0	0.0528	1.3831	0.7179	61.0
60	3.1611	83.3212	43.2411	61.4	0.0252	0.8390	0.4321	59.8
100	3.7158	84.1013	43.9085	59.4	0.0638	0.7310	0.3974	60.2

測量條件								
測量參數	測量時間	取樣數	測量條件	背景值		溫度	濕度	日期
50/60Hz	1分鐘	100ms/次	最大功率	電場(v/m)	磁場(mG)	28	55	1060721
				44.8117	0.3583			
測量結果								
測量距離(cm)	電場(v/m)				磁場(mG)			
	最小值	最大值	平均值	最大頻率(Hz)	最小值	最大值	平均值	最大頻率(Hz)
30	2.8985	83.3198	43.1092	61.4	0.0260	1.6211	0.8236	59.0
60	3.3694	85.1127	44.2410	59.4	0.0721	0.8990	0.4856	59.4
100	3.3831	85.4433	44.4132	59.4	0.0995	0.7150	0.4073	59.0

室內電磁環境對人體健康之影響與對策評估計畫

表4.5 電鍋(保溫狀態)測量結果								
測量條件								
測量參數	測量時間	取樣數	測量條件	背景值		溫度	濕度	日期
50/60Hz	1分鐘	100ms/次	最大功率	電場(v/m)	磁場(mG)	28	55	1060721
				44.8117	0.3583			
測量結果								
測量距離(cm)	電場(v/m)				磁場(mG)			
	最小值	最大值	平均值	最大頻率(Hz)	最小值	最大值	平均值	最大頻率(Hz)
30	1.0859	38.4183	19.7521	61.0	0.1129	0.6675	0.3902	60.2
60	2.9581	85.6432	44.3006	60.6	0.0512	0.7040	0.3776	59.0
100	3.3433	85.1225	44.2329	59.4	0.0675	0.6804	0.3740	59.0

表4.6 熱水瓶(保溫狀態)測量結果								
測量條件								
測量參數	測量時間	取樣數	測量條件	背景值		溫度	濕度	日期
50/60Hz	1分鐘	100ms/次	最大功率	電場(v/m)	磁場(mG)	28	55	1060721
				44.8117	0.3583			
測量結果								
測量距離(cm)	電場(v/m)				磁場(mG)			
	最小值	最大值	平均值	最大頻率(Hz)	最小值	最大值	平均值	最大頻率(Hz)
30	3.4160	85.2076	44.3118	58.6	0.0504	0.6923	0.3714	59.0
60	3.4415	84.4936	43.9675	59.4	0.0701	0.6966	0.3833	61.0
100	3.4111	85.5527	44.4819	59.4	0.0978	0.6648	0.3813	61.0

表4.7 熱水瓶測量結果								
測量條件								
測量參數	測量時間	取樣數	測量條件	背景值		溫度	濕度	日期
50/60Hz	1分鐘	100ms/次	最大功率	電場(v/m)	磁場(mG)	28	55	1060721
				44.8117	0.3583			
測量結果								
測量距離(cm)	電場(v/m)				磁場(mG)			
	最小值	最大值	平均值	最大頻率(Hz)	最小值	最大值	平均值	最大頻率(Hz)
30	1.9920	58.9764	30.4842	59.4	0.0260	1.1764	0.6012	59.0
60	3.4295	86.6044	45.0170	59.4	0.0524	0.7689	0.4107	59.0
100	3.4143	86.2509	44.8326	59.4	0.0359	0.7058	0.3709	59.4

表4.8 烤箱測量結果								
測量條件								
測量參數	測量時間	取樣數	測量條件	背景值		溫度	濕度	日期
50/60Hz	1分鐘	100ms/次	最大功率	電場(v/m)	磁場(mG)	28	55	1060721
				44.8117	0.3583			
測量結果								
測量距離(cm)	電場(v/m)				磁場(mG)			
	最小值	最大值	平均值	最大頻率(Hz)	最小值	最大值	平均值	最大頻率(Hz)
30	3.4481	84.6559	44.0520	58.6	0.2542	6.4718	3.3630	59.0
60	3.4434	85.6485	44.5460	59.4	0.1115	1.4526	0.7821	59.0
100	3.3861	85.1837	44.2849	58.6	0.1063	0.7817	0.4440	59.0

測量條件								
測量參數	測量時間	取樣數	測量條件	背景值		溫度	濕度	日期
50/60Hz	1分鐘	100ms/次	最大功率	電場(v/m)	磁場(mG)	28	55	1060721
				44.8117	0.3583			
測量結果								
測量距離(cm)	電場(v/m)				磁場(mG)			
	最小值	最大值	平均值	最大頻率(Hz)	最小值	最大值	平均值	最大頻率(Hz)
30	0.8648	81.2379	41.0514	59.0	0.0758	1.1975	0.6366	59.4
60	2.5163	86.5869	44.5516	59.4	0.0609	0.8500	0.4554	59.4
100	3.2771	85.5826	44.4298	59.4	0.0598	0.7393	0.3995	59.0

測量條件								
測量參數	測量時間	取樣數	測量條件	背景值		溫度	濕度	日期
50/60Hz	1分鐘	100ms/次	最大功率	電場(v/m)	磁場(mG)	28	55	1060721
				44.8117	0.3583			
測量結果								
測量距離(cm)	電場(v/m)				磁場(mG)			
	最小值	最大值	平均值	最大頻率(Hz)	最小值	最大值	平均值	最大頻率(Hz)
30	3.3272	86.6443	44.9857	59.4	0.7635	18.0175	9.3905	59.0
60	3.2962	84.9457	44.1209	59.4	0.1680	4.6278	2.3979	59.4
100	3.4597	86.0213	44.7405	59.4	0.0534	1.5741	0.8138	59.0

測量條件								
測量參數	測量時間	取樣數	測量條件	背景值		溫度	濕度	日期
50/60Hz	1分鐘	100ms/次	最大功率	電場(v/m)	磁場(mG)	28	55	1060721
				44.8117	0.3583			
測量結果								
測量距離(cm)	電場(v/m)				磁場(mG)			
	最小值	最大值	平均值	最大頻率(Hz)	最小值	最大值	平均值	最大頻率(Hz)
30	3.446	85.441	36.7260384	58.6	0.073	1.53	0.605	59
60	3.3815	84.7415	37.315	61.8	0.0746	0.719	0.00037	60.2
100	3.3858	84.5421	36.597518	58.6	0.0752	0.662	0.356	59.4



## 附錄五：

## 期中審查會議評審意見與回應

評審意見	執行單位回應
1. 有關實驗組及對照組名稱的問題	同一受測者在插座有接地及無接地的情況下，隨機測試、前後兩次比對、前後受測間隔時間15分鐘。
2. 有關受測者年齡的問題	因為我們接案子的時間較短，往後我們再找受試者時，會盡量找較年長的來做比對。
3. 有關自律神經檢測時，如何規劃讓誤差減少	我們從受測者條件的篩選設定，年齡 20 到 70 歲、排除慢性疾病及服用藥物、睡眠要充足、檢測當天不要吃刺激性的食物及飲料如茶葉、咖啡、酒類等等；檢測的環境控制，空調的溫度 27 度、檢測時關閉燈光、檢測時手機關機或關靜音並擺放規定位置，檢測間隔時讓受測者充分的休息。
4. 有關實驗的結果有明顯的變化時，應該註明電場或磁場對人體產生的影響	因為電磁波包括電場和磁場，我們實驗插座有接地跟無接地的情況比對，目前的數據分析的結果，電場差異性較大，此項研究結論，可作為往後參考。
5. 本次實驗有沒有把受測者的身高跟體重納入研究的範圍	本次實驗我們是探討電磁波在插座有接地跟沒有接地的情況下，對人體的自律神經是否有影響，所以本次實驗我們不考慮身高體重這個部分，只針對電磁波的影響來做討論。
6. 是否有考慮設置空間的大小及室內的溫濕度	我們受測空間的大小不是我們考慮的重點，受測者跟電磁波的距離才是我們考慮的重點，受測空間溫度是利用空調維持在 27 度，未來會將濕度列入研究紀錄。
7. 因為電磁波的爭議性頗大，未來本研究所做的結論，應該具客觀性及中立性	本研究會以嚴謹的態度和客觀的分析，做中性的結論，避免引起不必要的紛爭困擾
8. 建議增加建築電磁波防制對策討論	本研究已有相關規劃，下階段工作內容與期末報告會綜整相關建築物電磁波防護對策與產品
9. 德國健康住宅線上課程建議勿讓使用者自行下載閱讀	本研究報告已經初步翻譯其相關內容，後續會刪除相關不宜之文字敘述與加強內容呈現



室內電磁環境對人體健康之影響與對策評估計畫

<p>10. 吹風機的電磁波印象高達 300mG，本報告呈現似乎較低</p>	<p>根據國外研究，吹風機近場 3cm 之電磁波是有可能高達 300mG，但其距離為 1m 時，已降低為 0.1~0.3mG，與本研究量測結果相當。</p>
<p>11. 電磁波範圍太廣，建議題目限縮於極低頻電磁波，避免困擾。</p>	<p>感謝委員指導，本研究將在第一章序論中加強相關說明，將本研究之研究範圍加強說明，聚焦於建築物電器與電力設施相關之極低頻電磁波。</p>
<p>12. 台灣建築物接地電工法規有明確規範，建議可以不需要調查與量測。</p>	<p>新建建築物因為法規檢查較為嚴格，建築接電端接地一定會要求施做合格才能送電。但是與專業技師討論後發現仍有部分少數建築物前端檢查合格，但後端插座側配線便宜行事，偷工減料減少配線成本而省略接地線至分電盤。而台灣的老舊建築物可能缺乏正確的接地工程施做更是本研究想瞭解的課題，建議還是進行相關研究調查。</p>
<p>13. 報告中出現部分錯別字請修正</p>	<p>感謝委員指教，本研究會進行相關修正</p>
<p>14. 希望本研究成果能回饋給智慧綠建築。</p>	<p>本研究也會針對智慧綠建築之電磁波抽樣進行量測與調查，希望能夠將研究結果回饋於智慧綠建築相關設計。</p>

## 附錄六：

## 期末審查會議評審意見與回應

審查委員	評審意見	執行單位回應
黃委員明珠	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 期中報告之建議未修正於期末報告?</li> <li>2. 人體試驗結果雖無法得出結論，因另分析限制因素，不宜以研究時間太短為唯一的因素。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本研究實驗設計已修正為同一受測者在使用插座有無接地之前後比對，受測間隔為 15 分鐘。</li> <li>2. 本研究主要係由自律神經檢測推估環境電場是否會影響生理及身心壓力，由研究數據可得知插頭接地與否於受測者 HRV 及 LF 數據分析具顯著的差異性，而受測者血壓及心跳因需考量年齡、疾病、身體機能、血管硬度等干擾因素，宜長時間觀查，故不在本研究範圍。</li> <li>3. 影響心率變異性的變因除了研究時間的限制外，也可能因為受測者的年齡、健康程度、測量時的情緒表現等都會影響研究結果。</li> </ol>
朱委員曉平	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本研究收集各國低頻電磁波規範，建議加強整理做為未來我國規範之參考</li> <li>2. 本計畫目前所提出的建議及結論僅涉及接地，欠缺完整的分析及專業性。</li> <li>3. 建議應將觀測到的結果系統化整理做成具體的建議</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 遵照辦理</li> <li>2. 經國內外文獻調查，電器設備接地是可有效改善電磁環境，為控制本研究範圍提高研究準確度，本研究藉由插頭接地與否模擬室內電磁環境，以低頻電磁波為主，高頻電磁波不在本研究範圍。</li> <li>3. 國內外研究報告認為：電磁波對於人體健康在長期觀察下有影響，影響程度可能因種族、年齡層、性別、身體機能、疾病、地理環境等等干擾因素而有所不同，故目前沒有任何研究可以提供一個明確的結論。</li> </ol>

室內電磁環境對人體健康之影響與對策評估計畫

<p>陳委員政雄</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 低頻電磁波的範圍為何？</li> <li>2. 電器設備接地可有效改善電場環境，建議可納入相關法規</li> <li>3. 謹慎迴避原則建議的安全距離為何？</li> <li>4. 後續研究如何得到確定答案？</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本研究將低頻電磁波設定於我國電力使用相關的頻譜範圍 50～60Hz</li> <li>2. 感謝委員指導，電磁波風險預防是新興研究課題，未來或許會得到更多的認同與研究相關規範</li> <li>3. 本研究第五章初步建議之安全距離為 1.5 米（參考德國健康住宅規範 6 英尺）另依據實際量測結果，距離 1 米以上之電磁波已接近環境背景值。</li> <li>4. 國內外研究報告認為：電磁波對於人體健康在長期觀察下確實有影響，影響程度可能因種族、年齡層、性別、身體機能、疾病、地理環境等等干擾因素而有所不同，故目前沒有任何研究可以提供一個明確的結論。</li> </ol>
<p>陳委員伯勳</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建議加強台灣建築物接地調查成果之說明</li> <li>2. 期初與期末審查意見回覆表一併納入附錄</li> <li>3. 圖表未標示資料來源者請修正</li> <li>4. 建議於報告書摘要對於預期成果補充對照說明完成成果，以利主辦單位成果查核</li> <li>5. 電磁波防護技術加強整理後若無版權疑義，建議可上載於相關網頁以供參考</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 將補充案例總表以利參閱</li> <li>2. 遵照辦理</li> <li>3. 遵照辦理</li> <li>4. 遵照辦理</li> <li>5. 本研究所綜整之電磁波防護技術均將資料來源清楚標示，是否提供於所上相關網頁依需求辦理</li> </ol>
<p>周委員瑞法</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建議中央監控室與機房可以量測其低頻電磁波，以供參考</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 中央監控室與機房的確是高設備量的場所，電磁波量測值有相當參考價值。唯本次研究因大樓管理問題，許多電機空間無法進行量測，未來若有機會會一併量測</li> </ol>

<p>台灣建築中心</p>	<p>1. 建議多詳述相關電磁波防護對策 2. 建議將人體實驗分析表加以分析說明</p>	<p>1. 本研究第五章有專章綜整 5 大類 34 項電磁波防護技術與產品，可提供參考 2. 本研究主要係由自律神經檢測推估環境電場是否會影響生理及身心壓力，由研究數據可得知插頭接地與否於受測者 HRV 及 LF 數據分析具顯著的差異，均有著墨於期末報告中。</p>
<p>羅組長</p>	<p>1. 既有建築之智慧改善方案多採用無線射頻技術，此方面之影響？</p>	<p>1. 本研究設定為電力相關的極低頻電磁波，無線射頻未在本次討論範圍。未來若有後續研究，本研究團隊亦有相關高頻電磁波量測設備可進行相關研究，不過高頻電磁波發生源複雜，恐不易單獨討論室內有害電磁波發射源</p>



## 參考書目

### 中文部分

1. 馬丁·布藍克博士著/魏趙汝譯，2015，「電磁波的真相」，台灣商務
2. 翟明岳、武彤，2015，「電磁輻射風險溝通」，海洋出版社
3. 劉順華、劉軍民、董星龍、段玉平，2013，「電磁波屏蔽及吸波材料」，化學工業出版社
4. 王羅春、周振、趙由才，2011，「噪聲與電磁輻射：隱形的危害」，冶金工業出版社
5. 張月芳、郝萬軍、張忠倫等，2010，「電磁輻射污染及其防護技術」，冶金工業出版社
6. 黃國軒、陳美汀，2010，「電工法規 第四版」，全華圖書出版
7. 顏世雄，2010，「接地工程講義 第二版」，羸禾出版社
8. 台灣電磁輻射公害協會，2009
9. 張文亮、何萬齡、崔鼎新、呂英華，2009，「人居電力電磁環境」，中國電力出版社
10. 劉江、張磊，2009，「電磁兼容與防雷接地」，中國建築工業出版社
11. 德國健康住宅規範，2008
12. 張思海，2004，「電磁波危害人體」，正義出版社
13. 趙玉峰、趙冬平、于燕華、趙忠、于波、何寧，2003，「現代環境中的電磁污染」，電子工業出版社
14. 何中庸，2002，「電波吸收體入門」，全華科技圖書出版
15. 林國榮，1996，「電磁干擾與控制」，全華科技圖書出版
16. 張文怡，2016，「環境也害電磁場 3D 顯像模式之研究—以擴增實境系統為例」，朝陽科技大學建築及都市設計所碩士論文
17. 陳文聘，2015，「美髮工作室室內環境電磁場分析與評估」，中華醫事科技大學職業安全衛生研究所碩士論文
18. 馬紹競，2010，「居家與工作環境之極低頻電磁場影響與改善策略研究」，逢甲大學土木工程研究所碩士論文
19. 李中一，2005，「電磁波之人體健康效應與暴露管制規範」，輔仁大學醫學院

公共衛生學系碩士論文

20. 李俊信，陳佩宜，黃詠暉，2005，「電磁場與人體健康效應之評估與探討」，陽明大學放射醫學科學研究所
21. 李貴琪，2003，「牆面版材料之電磁波屏蔽效益之研究」，中國文化大學材料所碩士論文
22. 張靜芬，1997，「高雄地區極低頻電磁場環境測量」，高雄醫學大學公共衛生研究所碩士論文
23. 國家衛生研究院-國家環境毒物研究中心，2013，電磁波健康效應之評估
24. 環境中極低頻電場與磁場檢測方法，中華民國 102 年 8 月 30 日環署檢字第 1020075191 號公告
25. 國家衛生研究院-國家環境毒物研究中心，2013，「電磁波健康效應之評估報告」
26. 李中一，張武修，2002，「執行非屬原子能游離輻射—電視、電磁爐、微波爐及電腦等產生電磁波之監測及標準量測方法之建立」行政院環保署委託研究，輔仁大學公共衛生學系
27. 世界衛生組織，「典型居家環境與自然環境中的電磁場暴露」，由台大健康風險及政策評估中心摘譯
28. 郭博昭，2016，「心率變異研究」，合記圖書出版社

外文部分

1. Michael Kundi , 2007 , BioInitiative Report: A Rationale for a Biologically-based Public Exposure Standard for Electromagnetic Fields ( ELF and RF )
2. Tukimin R. , Mahadi W. N. L. , Ali M. Y. M. , Thari M. N. M. , 2007 , “Extremely Low Frequency Electromagnetic Field (ELF EMF) Survey of Residential Areas Around Transmission Lines”, Asia-Pacific Conference on Applied Electromagnetics Proceedings, pp.1-5



3. Krishnamoorthy S. , 1999 , “Human Exposure to Extremely-Low and Very-Low Frequency Magnetic Fields in Living and Working Environments”, 12th IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems,pp.264-270
4. National Council on Radiation Protection and Measurement: Biological effects and exposure criteria for radiofrequency electromagnetic fields. NCRP Report No. 86, 1986.
5. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection: health issue related to the use of hand-held radiotelephones and base transmitters. Health Physics 1996;70:587-593.
6. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection: For Limiting Exposure To Time-Varying Electric And Magnetic Fields (1 Hz – 100 kHz). HEALTH PHYSICS 99(6):818-836; 2010
7. International Institute for Bau--biologie® & Ecology : IBE 204.3
8. International Institute for Bau--biologie® & Ecology : IBE 206.2
9. International Institute for Bau--biologie® & Ecology : Healthy Home Standard

#### 網站部分

1. 國際非游離防護協會(ICNIRP) , <http://www.icnirp.org/>
2. Bundesamt für Strahlenschutz , <http://www.bfs.de/EN/home/>
3. 國際輻射保護協會(IRPA) , <http://www.irpa.net/>
4. 國際衛生組織(WHO) , <http://www.who.int/en/>
5. 歐盟委員會(EC) , [https://ec.europa.eu/info/index\\_en](https://ec.europa.eu/info/index_en)
6. 英國國家輻射防護局(NRPB-UK) , <http://www.hpa.org.uk/radiation/>
7. 德國輻射安全局(BfS) , [http://www.bfs.de/EN/home/home\\_node.html](http://www.bfs.de/EN/home/home_node.html)
8. 美國通訊委員會(FCC) , <https://www.fcc.gov/>
9. 行政院環保署-非屬原子能游離輻射管制網 , <https://nonionized.epa.gov.tw/>
10. 國家通訊傳播委員會 , <http://www.ncc.gov.tw/chinese/>
11. 台灣電磁輻射公害防治協會(TEPCA) , <http://tepcablogspot.tw/>
12. Create Healthy Home(CHH) , <http://createhealthyhomes.com/>
13. CONNERS CLINIC , <http://www.connersclinic.com/cancer-and-emfs/>

14. 3M產品服務網，[http://solutions.3m.com.tw/wps/portal/3M/zh\\_TW/EAS/Home/EMC/absorber/](http://solutions.3m.com.tw/wps/portal/3M/zh_TW/EAS/Home/EMC/absorber/)
15. SAFSPACE，<https://www.safespaceprotection.com/product/emf-adapter/>
16. 王群光，自律神經失調 HRV 檢測及治療衛教手冊  
<http://hrvtw.blogspot.tw/2010/09/hrv-13.html>