

電力電纜高頻輻射電磁場防治對策

經濟部標準檢驗局台南分局 技正 林昆平

摘要

國內變電所設置引來強大抗爭，這是大家在新聞上常看到的，不過民眾似乎把焦點放在圍牆內的變電設備，而忽略了傳導電荷的高壓輻射電纜，一般高壓設備均有金屬外殼，本身就有屏蔽效果，因此高頻輻射電磁場的傳送，主要元兇在電纜，而不是變電設備。本文除了介紹環境電磁場的國內外標準外，把相當大的篇幅擺在高低壓電纜及控制電纜電磁輻射防治對策，不管在材料上或是電纜配置，多所註解，希望對變電站的設計工程師，在阻隔電磁場輻射上，有所助益。

一、前言

電力電纜為本局檢驗項目之一，其配置方式通常有兩種，一種為架空高壓電纜，一種為地上工廠大樓配電用高低壓電纜，前者作大功率電力傳送，後者則為一般民生供電用。電纜由於傳送大量負載電流，因此四周有電磁場的存在，致癌之說喧囂塵上，只要有台電架空電纜經過及變電所興建的地方，無不遭受村民強大阻力。高壓電纜一般電壓都很高(345KV、161KV、69KV、24KV、12KV)，但電流卻很小，因此電場較強，磁場較弱。低壓電纜則電壓較低(440V,380V,220V,120V)，但電流卻很大，因此電場較弱，磁場較強。電纜的最外層一般均包有銅帶，其主要功能提供洩漏電流導至大地的管道，故最後都會以接地端子接地，以維護使用上的安全，但也因這層銅帶，使得電場無法輻射出來，故這銅帶又稱『遮蔽銅帶』。因此探討電力電纜的電磁輻射問題，主要對象就只剩下磁場了。

工廠大樓由配線電纜所引發的磁場干擾案例，80%是電腦螢幕閃爍，造成業務停擺，由於電纜必需與各樓層負載分電箱連結，因此建築物天花板、高架地板及牆壁內，幾乎都可發現它的蹤跡，對擺設在鄰近的電腦產生干擾，就在所難免了。一般電腦螢幕大約 8~10mG(毫米高斯)磁場干擾，即產生晃動；30~40mG 磁場，則顏色變調；而電纜匯集地--變電站，是另一個關注的焦點，尤其門口四個大字「高壓危險」，更是讓民眾危恐避之，深怕電磁效應傷身致癌。為了釐清疑義，本文首先就國際環境電磁場輻射標準作一番介紹，其次討論電力電纜及變電站的磁場遮蔽技術，最後以一實際案例，說明改善成效，相信對讀者於工廠大樓電力電纜衍生之電磁輻射問題上，有新的認知。

二、環境電磁場管制標準推薦值[1][2]

電磁輻射依頻率波段分級約有三種，第一種頻率波段 $3 \times 10^{16} \text{HZ} \sim 3 \times 10^{22} \text{HZ}$ 游離輻射能量最強，可破壞生物細胞份子；第二種頻率波段 $3 \times 10^9 \text{HZ} \sim 3 \times 10^{16} \text{HZ}$ 非游離輻射能量弱，有熱效應，不會破壞生物細胞份子，第三種頻率波段 $0 \text{HZ} \sim 3 \times 10^8 \text{HZ}$ 非游離輻射能量最弱，無熱效應且不會破壞生物細胞份子。電線電纜由於輸送 60HZ 頻率電力，產生電磁場波段應屬第三種，會致癌尚無定論，實在沒必要過度反應。至於國際上對 60Hz 或 50Hz 環境電場及磁場限制推薦值，如表一及表二所示，原則上一般民眾全天曝露在 1000mG 磁場環境，對健康比較有影響，曝露 10000mG，最好在數小時內離開，至於其它頻段，依行政院環保署公告第 0003219 號文，非職業場所之一般民眾於環境中曝露非游離輻射之電磁場環境建議值，如表三所示。

國家機構	限制值(kV/m)	
	職業人員	一般民眾
國際輻射保護協會 (IRPA/NRC/WHO)	全天	10
	數小時	30
日本	連續暴露	10
	短時間暴露	30
波蘭	連續暴露	15 (家中、醫院、學校) 1
	2小時	20 (其他) 10
蘇聯	8小時	5
	半小時	20
英國國家輻射保護局 (NRPB)	12.3	12.3
美國政府工衛學者聯盟 (ACGIH)	25	-
捷克	15	-
德國	20.7	20.7
澳洲	同 IRPA	同 IRPA

表一 60HZ/50HZ 環境電場強度(kv/m)安全承受推薦值

國家機構	限制值(mG)	
	職業人員	一般民眾
國際輻射保護協會 (IRPA/NRC/WHO)	全天	5,000
	數小時	50,000
日本	連續暴露	50,000
	短時間暴露	100,000
蘇聯	8小時	18,000
	1小時	75,000
英國國家輻射保護局 (NRPB)	20,000	20,000
美國政府工衛學者聯盟 (ACGIH)	10,000	-
德國	50,000	50,000
澳洲	同 IRPA	同 IRPA

表二 60HZ/50HZ 環境磁場強度(mG)安全承受推薦值

頻段	電場強度(E, V/m)	磁場強度(H, A/m)	磁通量密度(B, μ T)	功率密度 (S_{avg} , W/m ²)
< 1Hz	-	3.2×10^4	4×10^4	-
1-8 Hz	10,000	$3.2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^4 / f^2$	-
8-25 Hz	10,000	$4,000 / f$	$5,000 / f$	-
0.025-0.8k Hz	$250 / f$	$4 / f$	$5 / f$	-
0.8-3k Hz	$250 / f$	5	6.25	-
3-150k Hz	87	5	6.25	-
0.15-1M Hz	87	$0.73 / f$	$0.92 / f$	-
1-10M Hz	$87 / \sqrt{f}$	$0.73 / f$	$0.92 / f$	-
10-400M Hz	28	0.073	0.092	2
400-2000M Hz	$1.375 \sqrt{f}$	$0.0037 \sqrt{f}$	$0.0046 \sqrt{f}$	$1/200$
2-300G Hz	61	0.16	0.20	10

表三各頻段 環境電磁場限制建議值

三、電線電纜電磁干擾防治技術介紹[4][5][6]

3-1 遮蔽架空電力傳輸線磁場策略

在架空電力傳輸線下方，安置金屬遮蔽線並將兩端以接地電阻與大地連接，形成回路，該回路受上頭電力傳輸線磁場感應，會產生一大小相同，方向相反的電流，並在金

屬遮蔽線四周建立反向磁場，與原傳輸線磁場抵消，此原理稱為楞次定理，國中物理大家都上過，圖 1 是其整個架構，至於提高遮蔽效果，主要四點：

- (1)金屬遮蔽線密度: 同時採用多條遮蔽線並排，遮蔽效果越好
- (2)金屬遮蔽線範圍: 遮蔽線配置範圍越廣，遮蔽效果越好
- (3)金屬遮蔽線高度: 離電力傳輸線越近，遮蔽效果越好
- (4)金屬遮蔽線兩端接地電阻: 接地電阻越小(一般 5Ω 以下)，遮蔽效果越好

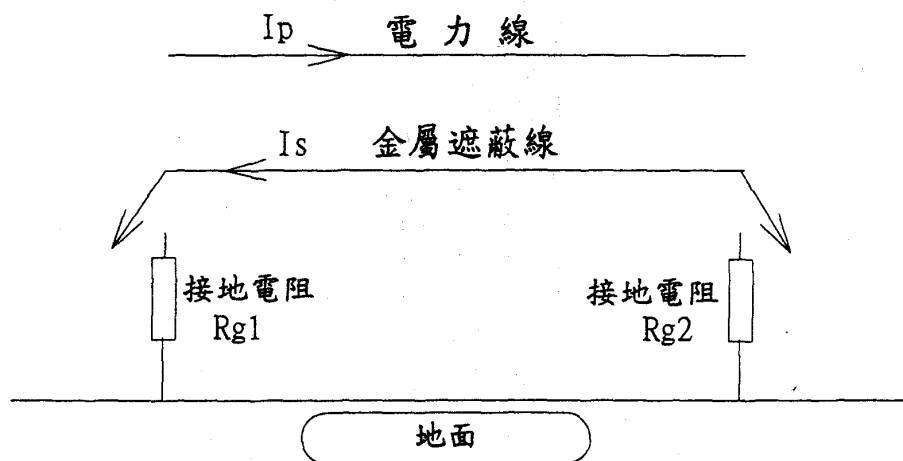


圖 1 架空電力傳輸線磁場遮蔽模型

3-2 遮蔽地面高低壓電纜磁場策略

地上電纜在大樓工廠處處可見，主要將三相電力由變電站傳送到負載上，理論上三相電力是平衡的，磁場應被抵消；但實際上各相供電負載容量並不同，已破壞平衡關係，因此抵消，是不可能的事，是故電纜所產生的磁場干擾，就不得忽視，目前遮蔽策略有二法：

- (1)電纜緊緊相靠：電纜線間所形成的封閉面積變小，減少彼此間的磁場耦合。
- (2)電纜以鋁匯流排代替：圖 2 所示為鋁匯流排(BUS WAY)，它可承受大量負載電流，使得每相只需安裝一片，大大減少採用多條電纜並聯，所衍生彼此間磁場耦合問題，又因外殼結構為鋁材，屬高導電易感應反向電流材質，易建立反向磁通，把內部負載電流產生的磁場，抵消掉。

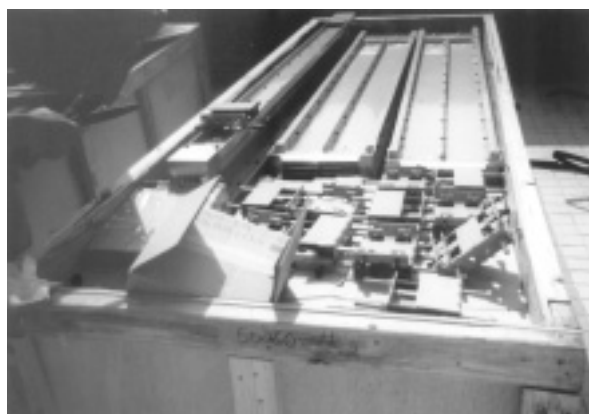


圖 2 具有遮蔽本身磁場輻射的鋁匯流排

3-3 防止監控電纜線遭磁場干擾對策

監控電纜在控制上用很多，其傳送受微弱電流信號而非大電力，因此本身幾無產生磁場輻射問題，主要電磁干擾來自別人，容易導致監控信號失真，設備誤動作，為解決此問題，控制電纜通常採用下面兩種策略(圖 3 內部結構)

- (1)信號線外層包鋁箔：利用鋁箔高導電係數，易產生反向感應電流，建立反向磁場來抵消干擾磁場源。
- (2)導體芯線採絞線：減少芯線間回路面積，降低外來干擾磁場耦合效應。

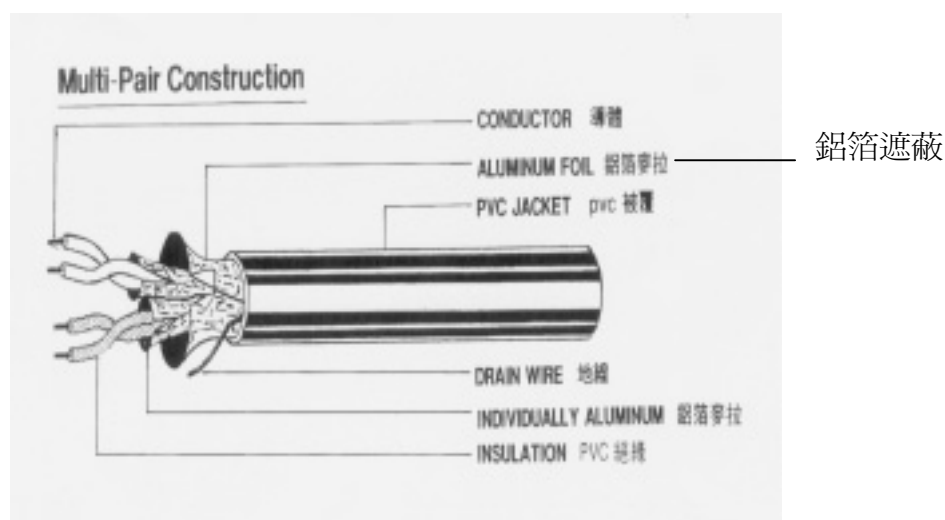


圖 3 監控電纜線的遮蔽

3-4 變電站整體遮蔽[3]

電力電纜的匯集地在變電站，因此變電站的電磁遮蔽，顯得特別重要，目前的遮蔽方法有三種，可解決變電站內部的磁場輻射問題

(1)疏導法

使用高導磁係數材料，將干擾磁場導引至材料內部，以遠離遮蔽物，但因導磁材料有磁滯損現像，易產生高熱及磁飽和問題，因此目前較不採用。

(2)殲滅法

使用高導電係數材料，利用其表面易受磁場感應產生渦電流方式，建立反向磁場，抵消原磁場，目前大部份均採這種方式。

(3)提高遮蔽效果

(a)採用高導電係數金屬板：圖 4 所示，以鋁板導電係數最高，最易感應反向磁場實驗結果，也印證鋁板遮蔽磁場效果最好，圖 5 所示。

(b)金屬板厚度採用 3mm~4mm 為宜：實驗顯示厚度超過 4mm，對提升遮蔽效果有限。

	導電係數 σ (s/m)	相對導磁係數 μ_r	集膚深度(mm)
鋁板	3.54×10^7	1	10.9
鋼板	1.1×10^6	300	3.58
矽鋼板	2.08×10^6	12000	0.41
鉛板	4.6×10^6	1	30.3

圖 4 遮蔽磁場用金屬板材料特性

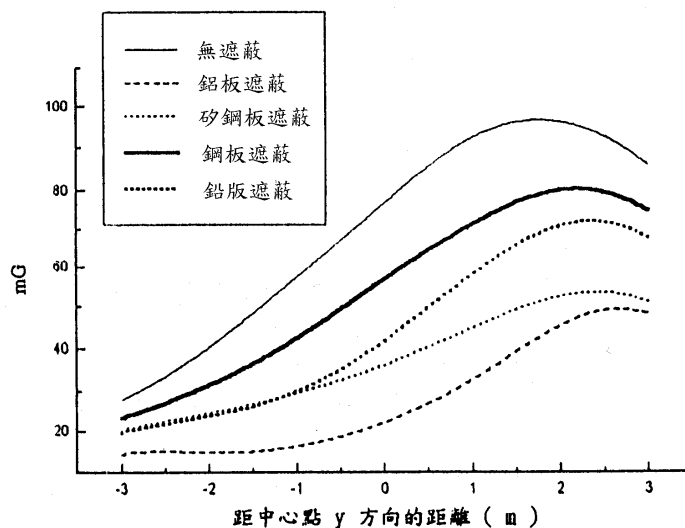


圖 5 不同金屬板遮蔽磁場效果比較

四、案例應用[7]

一家美國軟體設計單位，在大樓完工正式啓用，卻發生辦公室內大量電腦螢幕閃爍，造成軟體工程師無法工作，業務停擺。經量測辦公室內磁場，發現高於 10mG，難怪電腦螢幕會晃動，最後在變電站內部安裝遮蔽鉛板，磁場干擾因而衰減至 4mG 以下，電腦恢復正常，圖 6 為改善前後之磁場對照。至於其施工方式，是在變電站四周及天花板五個平面上(窗口大門除外)，以角鐵作框架固定於牆上，再以鉚釘及點焊將厚度 3mm 的鉛板，緊密固定於框架上，以遮蔽變電站內的磁場輻射，降低對四周電子設備的干擾。

變電站 (改善前) 1.低壓電纜配置雜亂空餘大 2.變電站四周僅為RC結構					單位:mG	變電站 (改善後) 1.低壓電纜全部緊靠排列 2.變電站四周以鋁板全部遮蔽					單位:mG
54	74	94	66	46		2.8	2.7	3.4	1.9	0.4	
辦公室(一)						辦公室(一)					
35	41	44	42	34		1.2	1.5	2.0	1.6	2.1	
30	27	26	24	25		0.8	1.1	1.3	1.3	1.1	
辦公室(二)						辦公室(二)					
19	20	22	21	19		0.8	0.9	1.4	1.0	0.8	
18	16	17	16	14		0.8	0.8	0.8	0.7	0.6	
16	12	12	13	11		0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	

圖 6 變電站經鋁板遮蔽後之磁場衰減對照

伍、結論

正確的電纜、電子儀器的空間配置及遮蔽金屬板的使用，可有效的改善電線電纜產生電磁干擾問題，尤其變電站內佈滿電力電纜且承受整大量負載電流，可利用電纜線緊靠配置及四周採用遮蔽金屬板來降低其產生的磁場輻射；另外電纜產生的磁場，容易對控制線產生干擾，而導致設備誤動作，而採用具絞線處理的控制線，即可減少線間磁場耦合面積，達成抑制磁場干擾的效果。

陸、參考文獻

- 1.江榮城著,“電力品質之不良因素與管制標準實例探討”,電機月刊第十一卷第十一期,2001
- 2.CNS2655 國家標準,“電力電纜” .
- 3.張泰榮著,“商業大樓變電站周圍電力頻率磁場之分析與改善”,台科大碩士論文,2001
- 4.黃晉恩 著,“工作環境電磁干擾研究”,台科大碩士論文,2002
- 5.王進良 著,“電力設施磁場遮蔽研究”,台科大碩士論文,2002
- 6.林建男 著,“電力系統電磁相容之研究”,台科大碩士論文,2000
- 7.Kenneth Griffing,Michael Hiles,Jon Munderloh;“Mitigation of Wiring Interference on Computer System”,Chicago,Proceedings of the American Power Conference,Volume 61-I,61st Annual Meeting,pp156-160,1999