

# Helix天線的設計對接收功率的影響

高中組應用科學科第三名

國立科學工業園區實驗高級中學

作者：謝立翔

指導教師：陳元彰

## 一、研究動機

在現在這個通訊發達的時代，天線可說是隨處可見，如最常見的便是電視天線以及FM天線、汽車天線等等。以前我們雖然對它有很濃厚的好奇心，但卻沒有機會想要如何去研究它。前一陣子恰好在物理課程中談到了波動學，使我們連想到空間中的電磁波，便引起了我們研究天線的興趣。同時在自由空間(Free Space)中做信號發射及接收的實驗在目前的科展主題中似乎還不多見，這也讓我們更加冀望能接觸這個領域。

我們參考了市面上的無線電界雜誌，以及其他相關的書籍，而設計了這個實驗。

## 二、研究目的

研究天線可以算是一個相當複雜的課題了。因為天線之間的收發不僅會受到許多外在因素的影響，在接收端上作各式各樣的變化也都可能改變天線的接收情形。其中外在的因素包括了接收天線所在的地形（如圖2-1所示）、高度、所處的氣候、與發射器的距離、所對的角度、其間是否有障礙物、其間可能的干擾訊號、是否有反射波的存在，甚至於太陽黑子的活動或者是地球外電離層的變動都有可能對天線的接收情形產生影響。但是我們沒有辦法完全掌控這些變因，因此我們在進行實驗時都在同一地點、同一時間進行，希望能將這些外在因素的影響減少到最小。而我們的實驗是針對天線本身進行的。由於

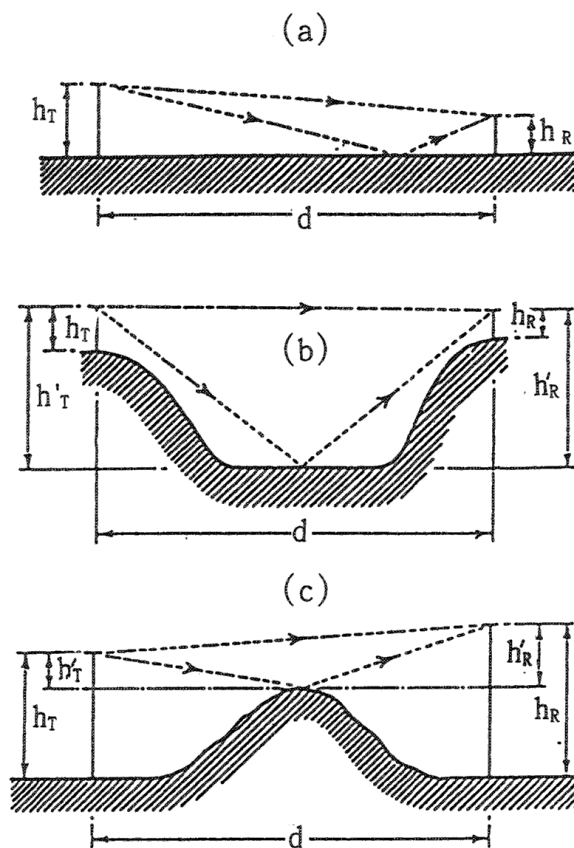


圖2-1 各種地形對電磁波行進的影響

發射天線和接收天線本身的設計也會影響到實驗，因此我們把發射天線和接收天線的種類固定，即發射天線採用簡單的Dipole Antenna，接收天線採用Helix Antenna。我們實驗的目的即是在於探討發射器和接收天線之間的距離、發射信號的強弱以及接收天線上所繞的導線圈數，對於接收訊號的好壞(或者可說是接收天線的功率增益；gain)的影響。

### 三、研究設備

1. 堅硬不可彎曲的鐵板一塊(約50~60cm)  
⇒ 當作接收天線端信號的反射面
2. 厚紙板一張(約100~80cm)  
⇒ 製作Helix天線的主體
3. 同軸電纜，約為0.082英吋(3m以上)  
⇒ 為天線的材料
4. 焊槍一支
5. 電表一個
6. 12V電池兩個
7. 電路板(positive acting presensitized P.C.B；厚度1.5mm，介電常數 $\cong 4.3$ )
8. 空寶特瓶3個(2公升)  
⇒ 作為Helix天線與反射面間固定之用
9. 486 Notebook一台  
⇒ 控制發射器發出之功率
10. cable line  
⇒ 連接發射器與Notebook
11. 四分之一波長阻抗轉換器(the  $\frac{\lambda}{4}$ -impedance transformer)  
⇒ 為了使接收天線(同軸電纜)的阻抗值和對數放大器的阻抗值能夠達到匹配，讓其間的電流不至於漏失(lost)
12. 類比式行動通訊系統 (AMPS, Advanced Mobile Phone System,  $f=836.5 \pm 12.5\text{MHZ}$ )  
⇒ 當作發射器
13. 對數放大器(logarithmic amplifiers)  
⇒ 為了避免信號強度瞬間的變化過大，以致於線性放大器無法正確地依照比例放大信號，使我們難以觀察其數據的變化。

## 四、研究過程

由於我們在測量天線的功率增益是以電壓值作為輸出，為了計算出功率增益，因此我們必須有一個轉換表。亦即從電壓值轉換成dBm，再轉換成功率，而(4-1)式為dBm轉換成功率公式：

$$10^{\frac{\text{dBm}}{10}} = \text{mW} \quad (4-1)$$

再來便是要製作接收天線的裝置。

1. 先製作一直徑10cm，長度為表4-2所示的紙筒。再依表4-3所示的規格分別製作4圈、5圈、6圈、7圈、8圈的天線。此時必須注意同軸電纜線的兩端需將內外軸線形成短路。
2. 將天線固定於反射面上。
3. 再將天線、阻抗轉換器及對數放大器連接起來。
4. 最後把電表和對數放大器連接起來，接收天線即裝置完成。

下面便是三組實驗的步驟：

- A. 發射器到接收天線的距離對接收功率的影響：
  1. 先固定發射器的位置，並將Notebook和發射器連接起來。
  2. 決定發射器和接收天線的距離，並將接收天線架設完畢。
  3. 以Notebook來控制發射信號的強弱，使之固定在power level=0發射。以此作為發射信號強度的基準點。
  4. 記錄電表上的電壓值，並轉換成功率，計算功率增益。
  5. 改變發射器和接收天線的距離，並重複步驟3、4。
- B. 發射器發出的信號強弱對接收功率的影響：
  1. 先固定發射器的位置，並將Notebook和發射器連接起來。
  2. 決定發射信號的強弱，即Power level，並將接收天線架設完畢。
  3. 固定發射器和接收天線的距離，以Notebook來控制發射信號的強度。
  4. 記錄電表上的電壓值，並轉換成功率，計算功率增益。
  5. 改變發射信號的強弱，即Power level，並重複步驟3、4。
- C. 接收天線上所繞的導線圈數對接收功率的影響：
  1. 先固定發射器的位置，並將Notebook和發射器連接起來。
  2. 決定使用多少圈數的天線，並將接收天線架設完畢。

3. 固定發射器和接收天線的距離，並以Notebook來控制發射信號的強弱，使之固定在 Power level=0發射。
4. 記錄電表上的電壓值，並轉換成功率，計算功率增益。
5. 改變不同圈數的天線，並重複步驟3、4。

圈數 n	4 圈	5 圈	6 圈	7 圈	8 圈
紙筒長度(cm) $37.944 \times n + 4.304$	156.080	194.024	231.968	269.912	307.856

表4-2 各圈數所需的紙筒長度

$\lambda$	D	R	P	a
35.86372cm	$0.3183 \lambda$	$0.8 \lambda$	$0.22 \lambda$	$0.12 \lambda$
	11.415cm	28.69cm	7.89cm	4.304cm

其中D為天線的軸徑，R為反射面的高度，P為線圈的距離，a為最靠近反射面的線圈到反射面距離。

表4-2 Helix 天線的規格（此表是由精密的實驗所測量出使Helix天線能夠有最佳接收效果的尺寸，因我們無法在一該理想狀況下實驗，故參考此數據。）

## 五、實驗結果、結論

A. 發射器到接收天線的距離對接收功率的影響：

距離(m)	48	42	36	30	24	18	12	6
發射 power level	0	0	0	0	0	0	0	0
發射 power (mW)	3981	3981	3981	3981	3981	3981	3981	3981
接收強度 Volt (V)	0.69	0.73	0.76	0.84	0.87	0.93	1.04	1.17
接收功率 dBm	-25.74	-23.38	-21.83	-17.57	-16.22	-13.9	-10.46	-4
接收功率 W(mW)	0.002	0.004	0.006	0.017	0.023	0.040	0.089	0.398
Gain (dB)	1.385	1.582	1.624	2.204	2.06	2.017	1.998	2.102

表5-1 發射器到接收天線的距離對接收功率的影響之實驗數據

B. 發射器發出的信號強弱對接收功率的影響：

圈 數 = 8 圈								
距 離 = 600cm								
power level	0	1	2	3	4	5	6	7
power (mW)	3981	1585	631	251	100	40	16	6
Vo1t(V)	1.144	1.099	0.978	0.879	0.787	0.704	0.635	0.578
dBm	-5.50	-8.33	-12.33	-15.83	-20.33	-25.00	-28.67	-31.33
W(mW)	0.2818	0.1469	0.0585	0.0261	0.0092	0.0032	0.0026	0.0007
G(dB)	1.769	2.024	2.024	2.144	2.017	1.682	2.680	2.271

表5-2 發射器發出的信號強弱對接收功率的影響之實驗數據

C. 接收天線上所繞的導線圈數對接收功率的影響：

圈 數	4 圈	5 圈	6 圈	7 圈	8 圈
距 離(m)	6	6	6	6	6
發射power level	0	0	0	0	0
發射power (mW)	3981	3981	3981	3981	3981
接收功率Vo1t(V)	0.393	0.662	0.918	1.029	1.144
接收功率 dBm	-37.50	-27.21	-14.33	-10.51	-5.50
接收功率 W(mW)	0.0002	0.0019	0.00369	0.0889	0.2818
Gain(dB)	0.048	0.145	0.640	0.993	1.767

表5-3 接收天線上所繞的導線圈數對接收功率的影響之實驗數據

由以上的實驗數據得知，我們可以獲得以下結論：

1. 當發射器到接收天線的距離增加時，其接收天線所能接收到的功率相對的降低。
2. 當發射器所發出的信號強度增加時，其接收天線所能接收到的功率相對的

增加。

3. 當接收天線上所繞的導線圈數增加時，其接收天線所能接收到的功率相對的增加，亦即功率增益相對增加。
4. 若是實驗的範圍與本實驗相差過遠，例如距離過遠，或者Helix天線的圈數太多時，我們尚無法推測其趨勢。

## 六、討 論

由本次實驗可以得知當增加發射器和接收天線之間的距離後，我們所接收到的信號強度會相對減低。當距離固定時，將發射器的發射功率取對數化後以4dB依序減少（如表6-1所示），則將接收功率取其對數值後亦呈線性降低。而當我們以不同圈數的天線來接收時，接收功率亦會有不同的結果。據此顯示我們所設計的天線的確能發揮功用，並且符合工作原理。因為受限於儀器以及實驗場所，所以我們無法準確的排除外在條件對於欲量測天線的影響，故而增加了本實驗的誤差值。

power level	power (mW)	dBm
0	3981	36
1	1585	32
2	631	28
3	251	24
4	100	20
5	40	16
6	16	12
7	6	8

表6-1 power level、power與dBm之對照表

對於在天線的量測過程中，我們將會影響量測結果的因素經分析後，可以得到以下的結論：

1. 發射器的發射功率會受到本身溫度變化而漂移，因此導致發射功率不夠穩定。
2. 我們用Dipole Antenna做為發射天線，但是無法將操作頻率時的保持穩定，所以實際發射至自由空間的能量將會比預期值為低。

- 3.嚴謹的量測過程應該在電波隔離室中進行，才可以排除雜訊的干擾，並且需要在室內加裝吸收體(absorber)，以避免反射訊號也被接收。本實驗因為在開放空間中施行，保持發射器與接收天線高度一致，並調整至接收強度最大；但是無法有效的隔絕雜訊與地面和背景訊號反射。
- 4.由於天線的阻抗是在理想條件下計算而來的，進而決定四分之一波長阻抗轉換器的結構尺寸。在實際的狀況下，天線的阻抗會隨接收場所而變動，部份能量會因為由於阻抗不匹配而反射，造成訊號的流失。
- 5.對數放大器本身的輸入能量取對數值後和輸出電壓值之間的關係並非絕對線性，所以也會造成量測的結果產生誤差。

## 七、結 論

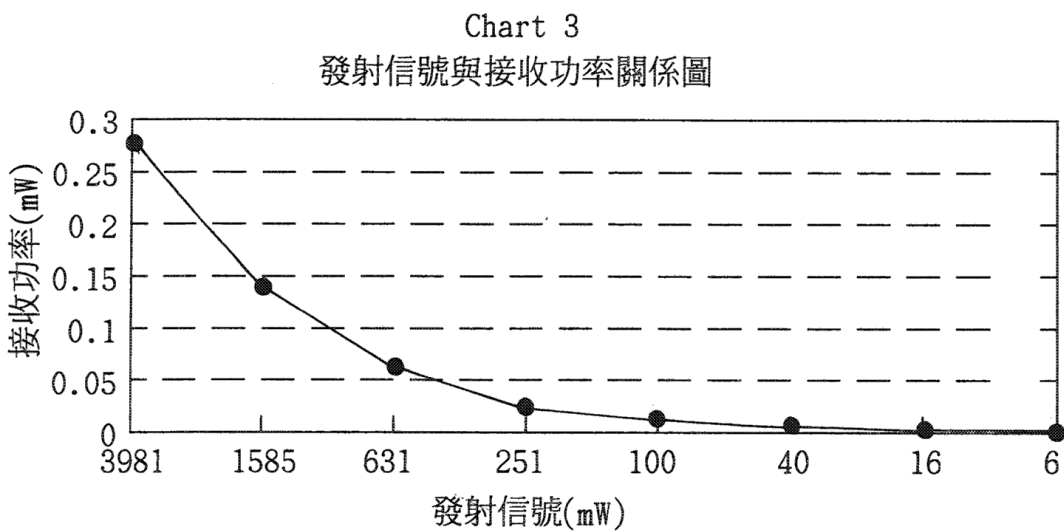
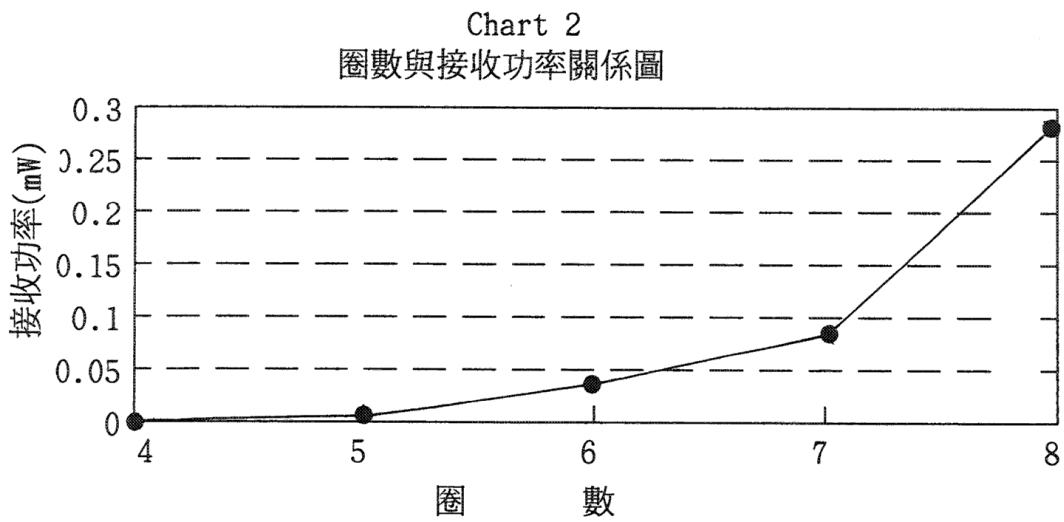
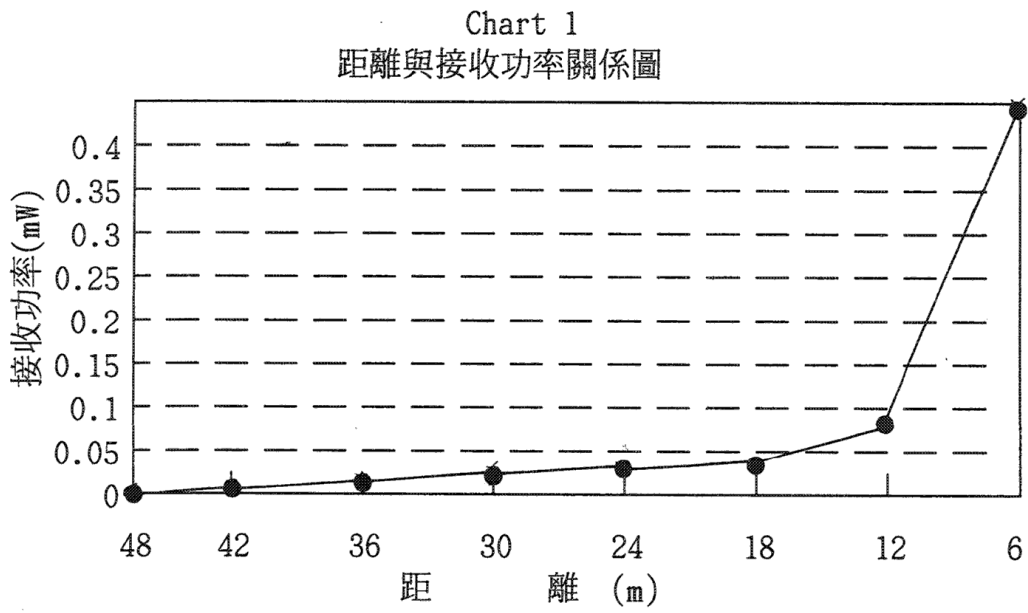
綜合上述量測系統的誤差，本實驗的結果並非完全正確；但是我們在這次的實驗中，對於天線場的理論、天線的設計與架設以及量測系統的設計與建立，都獲得了初步的認識。而我們也進而了解無形的電磁場在通訊系統中確實扮演著重要的傳輸媒介。更由本實驗中對於組織實驗、理論分析以及數據討論，得到系統性的觀念。

## 八、參考資料

- 1.G. R. Jessop, CEng, MIERE, G6JP, "VHF/UHF Manual", RADIO SOCIETY OF GREAT BRITAIN, Fourth Edition, pp. 8.1-8.26.
2. Jerry Sevick, W2FMI, "Transmission Line Transformers", American Radio Relay League, Second Edition, 1990, pp.12-14.
- 3.Robert S. Elliott, "Antenna Theory and Design", 開發圖書公司,1981, pp.73-75.
- 4.David Halliday, Robert Resnick, "FUNDAMENTALS OF PHYSICS", HSIAO YUAN PUBLICATION COMPANY LIMITED, Second Edition, 1981, pp.927-997.
- 5.國立臺灣師範大學科學教育中心，高級中學物理編輯小組，"高級中學物理第四冊"，國立編譯館，中華民國八十三年一月 修訂八版，pp.98-105.
- 6.陳錫桓，"大學物理-原理與範例(下)"，建宏出版社，83年12月，pp.455-461.

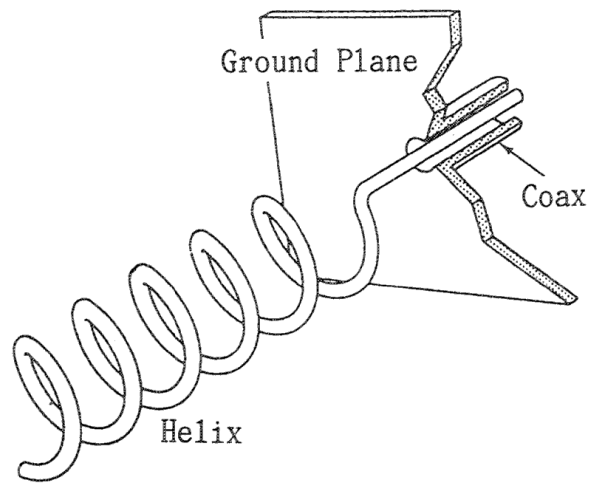
附圖、照片：

1. 實驗曲線圖：

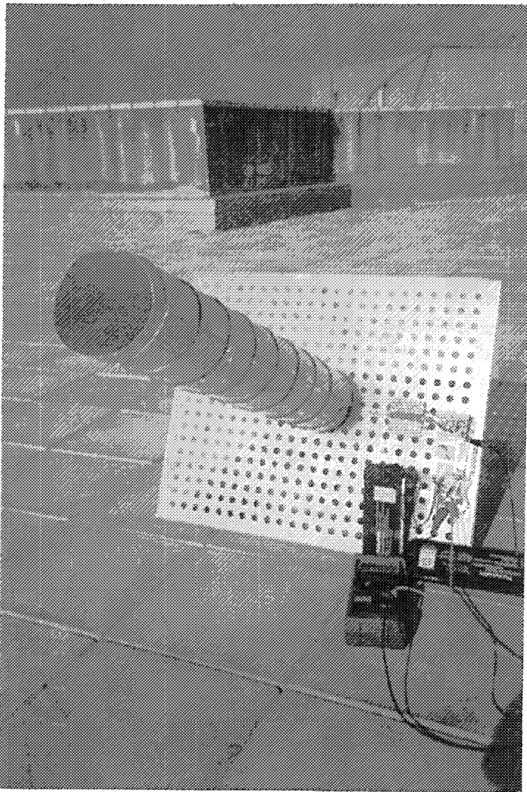




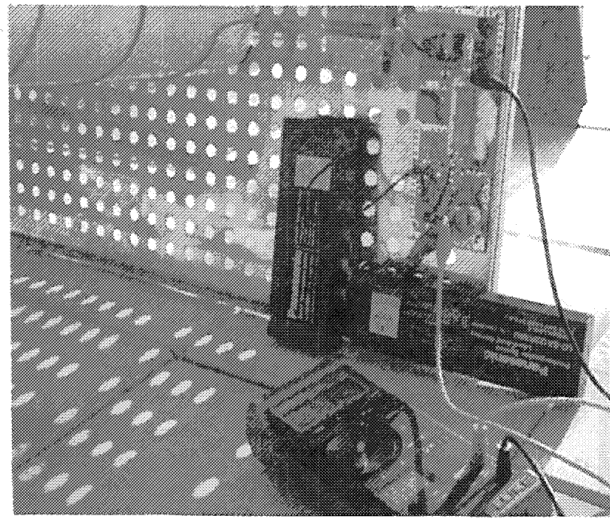
2. Helix天線示意圖：



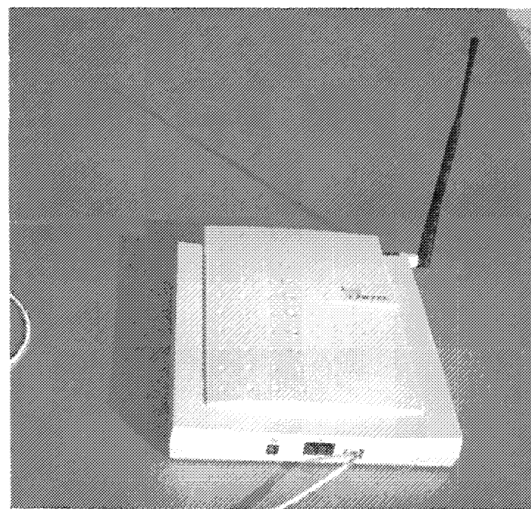
3. 照片：



我們所設計的Helix天線的外觀



$\frac{1}{4}\lambda$  阻抗轉換器，對數放器等週邊設備。



我們所使用的發射源-AMPS

## 評 語

對於高中生而言，天線與微波的研究是不容易，本作品以Helix天線的設計作為探討目標，設計接收天線與匹配電路，並進行接收功率的量測，而能對此天線有深度的了解，確是一項很完整的研究實驗，其量測結果，也得以與理論相互印証，是很好的一件作品。