

# MMANA GAL 天线分析系统

吴杰 BG3NTQ 译



首次日本語版本发布于 1999.01.10 [JE3HHT Makoto Mori](#)

最新日本語版本发布于 2000.07.07 [JE3HHT Makoto Mori](#)

首次英语 MMANA.EXE 版本号 0.5 发布于 2001.06.25 [DL2KQ Igor Gontcharenko](#)

英语手册 版本号0.5 发布于 2001.06.25 [JA7UDE Nob Oba](#)

最新英语 MMANA.EXE 版本号 0.72 发布于2001.06.25 [DL2KQ Igor Gontcharenko](#)

首次多语言 MMANA 版本号 2.01 发布于 2005.12.12 [DL1PBD Schewelew Alexander](#) 和 [DL2KQ Igor Gontcharenko](#)

多语言 MMANA 版本号 2.03 发布于 2005.09.10 [DL1PBD Schewelew Alexander](#) 和 [DL2KQ Igor Gontcharenko](#)

MMANA 英语文件2.03 发布于 2005.12.12 [DL1PBD Schewelew Alexander](#) 和 [DL2KQ Igor Gontcharenko](#)

MMANA 俄语文件2.03 发布于 2005.12.12 [DL1PBD Schewelew Alexander](#) 和 [DL2KQ Igor Gontcharenko](#)

MMANA 保加利亚语文件 2.03 发布于 2005.12.01 Stilian Stankov LZ3BY.

第一版 MMANA-GAL 发布于 2006.05.20 [DL1PBD Schewelew Alexander](#) 和 [DL2KQ Igor G](#)

ontcharenko

MMANA-GAL 发布于 2006.05.20 DL1PBD Schewelew Alexander

MMANA-GAL 日语文件发布于 2006.05.20 JA7UDE Nob Oba

MMANA-GAL 西班牙语文件发布于 2006.05.20 Valentin Alonso Gracia, EA4GG 和 Dimitri Agüero, F4DYT)

MMANA-GAL 塞尔维亚语文件发布于 2006.05.20 Slobodan Ilic' YU1GV

MMANA-GAL 捷克语文件发布于 2006.05.20 Martin Kratoska, OK1RR

**\* \* \* 请不要与 *JE3HHT, DL1PBD, DL2KQ* 直接联系 \* \* \***

评论与问题请发送至 MM Yahoo Groups

## 前言

Igor, DL2KQ-EU1TT 致谢:

感谢 Alex, RZ1ZK 给我提供日语的 *MMANA* , 并帮助我翻译日语的 *mmana.exe* 文件。  
Serge UA6LGO 为我翻译日本词汇和短语, 在此一并致谢。

Oba, JA7UDE 致谢:

感谢 Makoto Mori 先生提供伟大的 *HAM* 软件。希望全世界的 *HAM* 都能享受这一伟大软件带来的快乐。

## 简介

MMANA-GAL 是一款基于矩量法的天线分析工具软件, 矩量法从 MININEC 第3版导入。计算引擎的程序基础源代码以 PDS in MININEC 公布。2.03及以上版本, 均采用所有 Alexandre Schewelew, DL1PBD 改编的 MININEC-3 计算引擎, 并以 Borland C++ Ver. 4.0编写完成。

### MMANA-GAL 具有以下功能

天线设计与设定的表格编辑器

图形天线观察器

水平和垂直波形观察器

3维波形显示

两种或两种以上计算结果的比较

天线单元编辑器

天线导线编辑器

不同直径管材的设定工具

以电抗，驻波比，增益，前后比，仰角，电流为参数的自动优化处理

表单化手工调整的优化结果

频率特性图表生成

数据库文件生成器

用户语言设定

**MMANA 参数限制:**

|         |             |
|---------|-------------|
| 最大波动点设置 | <b>8192</b> |
| 最大导线数量  | <b>512</b>  |
| 最大馈电点数量 | <b>64</b>   |
| 最大加载数量  | <b>100</b>  |

请牢记：本文仅作为 MMANA-GAL 软件使用说明，而非天线模型与分析的教科书。如果熟悉矩量法，则可发挥本软件的全部功能。

## 天线的确定

文件(F) 编辑(E) 显示(V) 工具(T) 帮助(H)

结构 视图 计算 远场图

名称: Source: 14 - w1, c21 - w13c, 28 - w29c 频率: 14.15 MHz ☐ 波长

导线 12 自动分段: DM1 100 DM2 10 SC 2 EC 1 ☐ 连接点联动

| No. | X1(m) | Y1(m) | Z1(m) | X2(m) | Y2(m) | Z2(m) | R(mm) | Seg. |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 1   | 0.0   | -2.74 | -2.74 | 0.0   | 2.75  | -2.75 | 1.8   | -1   |
| 2   | 0.0   | 2.75  | -2.75 | 0.0   | 2.74  | 2.74  | 1.8   | -1   |
| 3   | 0.0   | 2.74  | 2.74  | 0.0   | -2.74 | 2.74  | 1.8   | -1   |
| 4   | 0.0   | -2.74 | 2.74  | 0.0   | -2.74 | -2.74 | 1.8   | -1   |
| 5   | -3.3  | -2.79 | -2.79 | -3.3  | 2.79  | -2.79 | 1.8   | -1   |
| 6   | -3.3  | 2.79  | -2.79 | -3.3  | 2.79  | 2.79  | 1.8   | -1   |
| 7   | -3.3  | 2.79  | 2.79  | -3.3  | -2.79 | 2.79  | 1.8   | -1   |
| 8   | -3.3  | -2.79 | 2.79  | -3.3  | -2.79 | -2.79 | 1.8   | -1   |
| 9   | 2.4   | -2.62 | -2.62 | 2.4   | 2.62  | -2.62 | 1.8   | -1   |

馈电点 1 ☒ 电压自动设定 负载数 0 ☒ 负载有效 注释

| No. | PULSE | Phase dg | Volt. V |
|-----|-------|----------|---------|
| 1   | w1c   | 0.0      | 1.0     |
| 下一个 |       |          |         |

| No. | PULSE | Type | L(uH) | C(pF) | Q | F(MHz) |
|-----|-------|------|-------|-------|---|--------|
| 下一个 |       |      |       |       |   |        |

## 公式

天线几何尺寸的输入可以使用公式，也可以直接输入数字，MMANA-GAL 程序支持加减乘除及带括号的四则运算。例如：

$$5*2+1 = 11$$

$$1+5*2 = 11$$

$$(1+5)*2 = 12$$

$$5*(2+1) = 15$$

$$20/(3+7) = 2$$

还可应用特殊符号。

R 波长（米）

I 尺寸 1 英寸=2.54 厘米

F 英尺 1 英尺=12 英寸

例如

$$R/4 = 1/4 \text{ 波长}$$

$$5*R/8 = 5/8 \text{ 波长}$$

$$30*F = 30 \text{ 英尺}$$

$$5*I = 15 \text{ 英寸}$$

输入公式将立即计算为数字，MMANA-GAL 不会在导线设定栏内保存公式。

## 天线尺寸设定-几何列表（Geometry table）

MMANA 提供了几种方式来设定天线的尺寸。最直接的就是在表格内输入坐标，点击

“结构”表头，可以看到表格，通过这个表格，可以将天线的导线尺寸、馈电点以及加载方式（电感、电容、电阻等等）一一进行设定。

将光标放在表格内，并且用键盘输入数字，按回车键使输入生效。可以用简单运算公式来替代输入数字（见公式）。鼠标右键提供“插入”、“删除”和其他首选项。

## 导线设定

设定天线所需要的导线

X1 导线在 X-轴的起始点 (单位为米或波长)

Y1 导线在 Y-轴的起始点 (单位为米或波长)

Z1 导线在 Z-轴的起始点 (单位为米或波长)

X2 导线在 X-轴的终止点 (单位为米或波长)

Y2 导线在 Y-轴的终止点 (单位为米或波长)

Z2 导线在 Z-轴的终止点 (单位为米或波长)

R 导线的半径 (单位为米或波长)

SEG 分节方法

注意，R 不是直径是半径，如果振子由两种口径的管组成，可将 R 设为负值。

如果将 R 值设置为 0,那么这段导线将被视为绝缘线。应用这种方法，可以进行复杂的组合式振子设计。如果某个单元含有多段导体，其中部分在优化中需要成为变量，另外一些需保持不变，则需要对常量进行特殊处理，MMANA-GAL 接受导线半径为 0，并将其认为是不需变化，这些半径为 0 的导体不在计算范围之内。

## 当导体半径变化时的调整

我们经常见到，当导体半径发生变化时，天线则具有不同的特性，特别是在八木-宇田天线和框形天线，振子的半径不仅影响阻抗、同时也影响增益和前后比。或许你想变换振子的半径，也许你更想变换管子的组合。

这里有个补救的措施来保留原来的特性。

- 1、改变半径值，然后进行计算；
- 2、在频率特性窗口中，按“谐振”，得到 F0；
- 3、返回天线设定窗口，以 F0 作为设置频率；
- 4、重新计算，如果天线特性接近原来，进行下一步；
- 5、在编辑菜单的天线尺寸窗口，检查 Y 轴和 Z 轴（不用检查 X 轴，以保持天线的横梁长度不变。）重新检查天线尺寸，回复原状，这样就能与原来的频率符合；
- 6、再计算一遍；
- 7、如果需要，重复 1-6 步骤。

一副宽波段的八木-宇田天线会在两个或更多的频率点上出现  $JX=0$ ，谐振频率使得频率特性窗口只显示其中的一个，所以导出频率并不是一致与初始频率 F0 一致，记住下面的频率变化趋势，当振子的半径增大时，谐振频率会变低；而振子的半径减小时，谐振频率则会增高。需要注意的是这种现象在在环路天线（LOOP）中恰恰相反，当振子单元渐变时，谐振频率增高，而应用外径相同的材料时，谐振频率会降低。

采取以上措施后，天线的初始特性可以得到回复，否则就只能是重新进行优化处理。采取这些措施，前提是天线是在设计频率上的谐振天线。如果一些单元呈容性并有发卡匹配，先

将这些单元调整至谐振，然后进行上述操作，最后再回复发卡匹配。

对于八木天线，通常是将横梁与 X 轴一致，振子与 Y 轴一致，高度放在 Z 轴，将馈电点放在 Z=0 的位置上并且将天线的中心置于原点。天线的高度可以用其他参数进行了设定，后边将会谈到。如果目标是垂直天线，将馈电点设置在 Z=0，天线的中心就应该在 X=0,Y=0。

为了使两条或更多的导线连接起来，必须精确给出这些导线的起点或终点的坐标，即这些导线应该在结合点上具有相同的 X,Y,Z 坐标值，否则这些导线则成为孤立的导线。例如设置一条 T 形天线，为使垂直线与水平线结合，必须要用三条而不是两条线来进行设定。

## 垂直天线的高度

垂直天线的馈电点的 Z 轴坐标值必须设定为 0,并且地面高度也必须设置为 0；否则设置的将会是一条端点馈电并且没有接地的天线，阻抗计算的结果会出现错误。

如果你想计算架设在屋顶的天线波瓣时，需要在真实地面设置菜单的媒介窗口中进行设置。

## SEG 导线连接方式

|         |              |
|---------|--------------|
| 负值或 DM1 | 套接渐变         |
| DM2     | 最佳结果，推荐应用    |
| 0       | 自动常规连接，不推荐应用 |
| 正值      | 手动常规连接，不推荐应用 |

如果应用外径渐变套接方式，则需要输入负值，请见下列：

- 1 长度变化从 (波长/SC\*DM1)到 (波长/DM2)
- 2 渐变从起点开始
- 3 渐变从终点开始

其他：

|      |                                  |
|------|----------------------------------|
| DM1: | 渐变开始的区间 (=波长/DM1)                |
| DM2: | 渐变结束的区间 (=波长/SC*DM2)             |
| SC:  | 渐变系数， $1 < SC < 3$ ，SC 决定渐变的缓急程度 |
| EC:  | 渐变末节的数                           |

DM1 的赋值。例如，如果设定为 200, 渐变则从 (波长/SC\*200)到 (波长/DM2)；如果输入 600,60, 则渐变从波长/600 到波长/60。

EC 是节段导线(DM1)的序号，处在渐变导线的末端。当设置为 2 时，MMANA-GAL 对波长/DM1 取值为 2. 多数情况下，EC 值设定为 1,特殊情况下设定有所不同。

对于部分渐变，因为脉冲点不一定产生在导线中心，所以设置-2、-3 时需注意。但如果一条导线与两种或两种以上不同外径的管子进行连接时，则不会有严重问题出现。

如果 SEG 设定为 0, 此种情况下，每节的长度等于 波长/DM2

如果想将导线分割为等长度，可输入正值。如输入 10 则可把导线均分为 10 段。

导线分段数量和连接方式对计算精度的影响很大，在回路天线中，拐点的良好渐变套接可以提高精度，此项技术可以进一步提高精度。

微分方法将导线划分成节段，并计算每个节段上的电流。所以计算精度取决于导线被分割的数量。

偶极及八木天线，因为由简单的直线型导线构成，可以被分割成若干等长的计算区段。但导线屈曲，如回路天线，则应将导线分割成对称的区段，否则不会得到准确的结果。

渐变是一种提高计算精度的方法。将靠近拐点的导线分成小段，其他直线部分分为大的区段。如果导线被分为太多的小区段，则会导致计算时间延长。渐变则会在直线部分较少分割的情况下保持计算的精确度。

分割区段固然可以提高计算的精度，但也不能少于 0.001 波长，另外导线半径和区段长度的比值不能大于 4: 1，否则也不能获得精确的结果。

如果想提高优化过程的速度，DM1、DM2 可以设置为比较小的数值，这样使得增益和前后比的计算中误差较小，但是会导致电抗（JX）增大。

世上没有判定计算精确度的方案，不过你可以通过改变节段的数量来观察这些变化对阻抗的影响。如果阻抗变化不大，则说明天线模型较好。也可以通过在天线观察窗口观察电流的分布，如果显示电流跨越不平稳，则需要重新检查模型构造。

当波长格子被点中，MMANA-GAL 采用波长比例来进行导线长度和半径的标定。此为波长模式。如果波长格子没有被点中，程序采用“米”为单位来表达。当模式改变后，原有数值将被保存。如果想改变频率而保持波长模式不变，可应用编辑菜单中的天线尺寸功能。

当连接点联动方格被点中时，一段导线与其目标导线同时改变，在进行八木天线和回路天线的时，逐一输入坐标显得很麻烦，可以应用编辑菜单中的编辑单元功能。如果想设计更复杂的天线，你可以使用编辑菜单中的编辑导线功能。

程序设定单元编辑（变量）的振子是与 X,Y,Z 轴对称的，并相应确定变化点，所以有的时候，绝缘线也自有其用处。

例 1:

-Y            0            Y

-----

在单元编辑中，导线被分为两条对称线。

-Y                    0                    Y-

-----=====

当设定绝缘线"====="时，它表现为一个整体，当在单元编辑里设定宽度时，只有最外侧的点移动。

例 2:

-Y            0            Y

-----

如果改变单元的宽度，两端点均会移动。如果向固定右侧点，则可以增加一条绝缘线，见下图。

-Y                    0                    Y

-----=====

增加的右侧绝缘线 "====="，当改变导线的长度时，两端点均会移动，但是导线右边的初始位置不变。

注意：不能用绝缘线连接馈电点；

绝缘线上不能进行集总常数的设定，程序不会对此种情况进行计算。

驱动源（馈电点）



Pulse 馈电点 Phase 馈电相 Voltage 驱动电压

应用一下表达式来确定驱动源

W#C(#) 位于线段中心

W#B(#) 位于线段的开始

W#E(#) 位于线段的终点

范例：

W1C 1 号线中心

W3C1 3 号线中线前 1 点

W2C-2 2 号线中心后两点

W2B 2 号线起始点

W5E3 5 号线终点后 3 点

通常，馈电点的相位设置为 0。135 度相位驱动的天线（如 HB9CV），在第二驱动点上设定为 135。

电压一般取值为馈电点数量的倒数（1/馈电点\_#），如果为不平衡驱动天线，应设置不同的比率，电压的绝对值并无特殊意义，只是影响电流的幅度。

对于在同一位置具有两个或两个以上的馈电点来说，微观角度来看，可假定为两条导线两端驱动并且和馈电点轻微隔离。

## 加载（集总常数）

PULSE: 加载驱动点

类型： LC, R+jX, or S

设定加载驱动点，采用与电压驱动点相同的表达式。选择加载类型，使用回车键可激活选择菜单。

当选择 LC 时,需输入 L (uH), C(pF), and Q 值等参数。当只有电感，C 值设置为 0。当只加载电容时，将 L 值设置为 0，L,C 同时设定则产生一个谐振陷波器，程序可自动计算显示由给定 L,C 值而形成的陷波器谐振频率。当一旦确定陷波器时，当 L 或 C 值发生变化，程序将自动设定电容量 C 或电感 L 的值，以保证谐振频率为常数（谐振频率保持功能）。当 L 或 C 值为 0 时，则丧失谐振频率保持功能，此时便可以重新输入 L 或 C 值。通常还应当输入电感或电容的 Q 值，如果认为电感和电容无损失时，Q 值可设置为 0。

当应用 R+jX 模式时，输入纯电阻和电抗（单位均为欧姆）。这种方法对于末端电阻或输入一些在电路中可忽略的电抗来说，非常便利。

当选择 S 形式时，输入加载部分的 S 参数（A0-An 和 B0-Bn）n 组将被自动直入输入点。对于复杂的含有不受频率影响的系列平行谐振电路，可采用 S 方式来设置加载。S 参数可由集总电路 ( $S = jw$ ) 的拉普拉斯变换来获得。分子的系数是 A0 - An，分母的系数则是 B0 - Bn。

$$R + LS + (1/CS) \quad 1 + RC \text{ 盼} + CL \text{ 盼}^2$$
$$Z = R + jwL + (1/jwC) \rightarrow R + SL + (1/SC) \quad \text{“盼”为软件自带文字，不知何意？}$$

所以，可以用下列来模拟，即 A0=1, A1=RC, A2=CL, B0=0, B1=C, B2=0 (或 A0=1/C, A1=R, A2=L, B0=0, B1=1, B2=0)。

电阻、电容、电感的单位分别为欧姆、法拉、亨利，系统的绝对值趋向于很小，所以一

般采用指数表示法，例如 20pF 为  $20 \times 10^{-12} = 20^{-12}$ 。同样的集总常数加载，可以用 S 参数法或 R+jX 法得到同样的结果。R+jX 值必须按照所需频率进行调整。也正是因为如此，应用 R+jX 方法来分析多波段天线是比较困难的。LC 型加载以程序设定的固定电路来进行计算，所以程序会将 LC 自动转换成 R+jX 模式来进行计算。

加载的范例可参考下列模型：

加载电感线圈

VDP40B.MAA in directory ...\ANT\SHORTL

加载电容

MAGLOOP.MAA, MAGLOOPC.MAA in directory ...\ANT\SHORT\Magnetic loops\

陷波器

MULTDPH.MAA, MULTDPHW.MAA in directory ...\ANT\HF multibands\Trap\

末端电阻

T2FD.MAA, RHOMBIC.MAA, ABW1.MAA in directory ...\ANT\HF aperiodic\

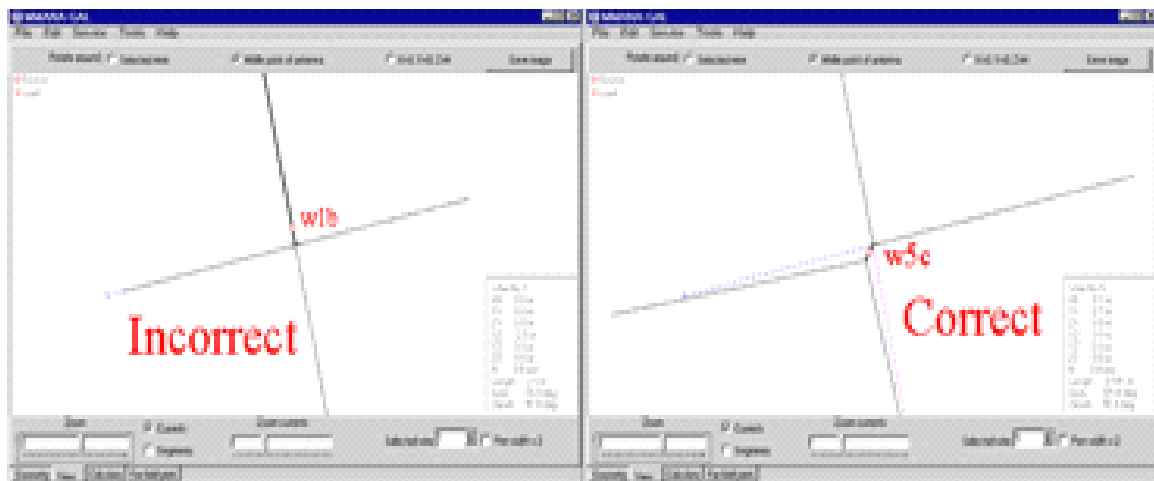
S 参数

MCQM.MAA in directory ...\ANT\HF multibands\LC in antenna

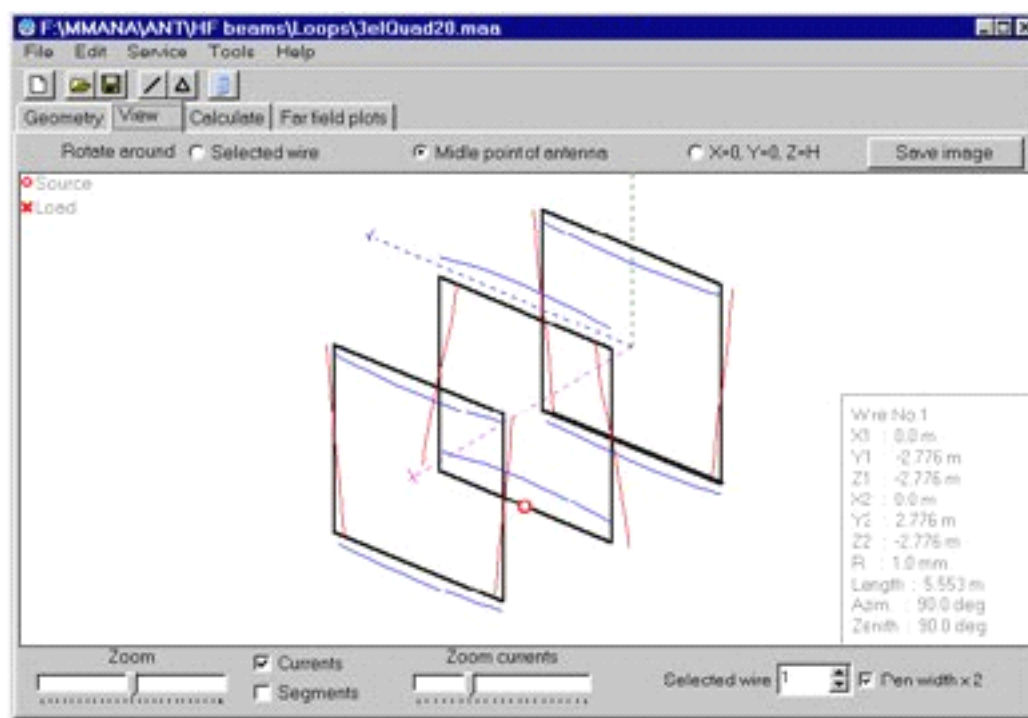
指定馈电点

馈电点按照导线的次序进行设置，馈电点一般不设定在独立导线的末端，但如果一条导线与另外一条相连，则其末端可指定为馈电点。具体一些特殊情况，如果导线的 Z 轴坐标为 0，馈电点可设定在这个点上（垂直天线即为典型）。

需要注意的是馈电点的电流方向，见下图，如右图所示，这是一个四线双三角回路天线的馈电示意图。两副振子中间插入一条短线并在短线上设置馈电点是较好解决办法。



## 天线观察窗口



点击“视图”可以观察天线，计算完毕后还能显示加在导线上的电流分布。

光标在天线设定表中所在的导线，在此显示为粗线。应用鼠标左键可选择观察其他导线，点中导线即变为粗线，而且在天线设定表上，光标也移动到相应的位置上。对于设计复杂的天线，这个功能方便对天线尺寸进行修改。

此外，点中导线并双击鼠标左键，可弹出极轴编辑菜单，此项功能方便对导线的长度及角度进行修改。

单击鼠标右键可弹出另一功能菜单，可进行添加/删除馈电点，移动导线等等操作。

鼠标左键可进行天线旋转、选择导线、天线居中、原点居中的操作。

Ctrl + 鼠标左键还可对天线进行整体移动操作

## 缩放滑动条

可进行放大倍数调整

## 电流

计算后可显示天线上的电流分布情况，电流以红色和蓝色来表明其矢量方向。

观察电流分布，可校验天线的设定，如果电流分布与期望相差很大，则应当检查天线各个振子的设定值。此外电流分布如不够平滑，则表明天线模型不正确，则需重新检查导线的设置、连接以及分段方式。

## 分段

显示分段点，对于渐变操作很有用。

## 电流放大滑动条

可改变电流的振幅。

## 导线选择

可进行导线选择的操作

## 计算



**MININEC3**算法在远场计算中考虑真实地面，并且提供远场波瓣图。阻抗计算采用良好传导地面。此种情况下，如果天线高度 $<0.2\lambda$ ，计算结果将导致比实际阻抗偏低。

如果水平天线有一个或多个振子高度  $<0.2\lambda$ ，或 GP 天线的辐射高度 $<0.05\lambda$ ，应当采用 NEC2来确定正确的阻抗 Z 值。这些情况下应用 [NEC2 for MMANA](#)，这个程序可以用 NEC2.来计算 本程序\*.maa 文件。

如果程序因故不能启动计算，则应仔细观察右上窗口的信息记录。此种情况多数因为天线设置有误。请重新检查天线设置。

在前后比的计算中，MMANA-GAL 采用了范围值，范围可以在选择项中进行设置。**Ga**代表绝对增益。**Gh** 由 **Ga** 中取代2.15dB 衍生而来。如果含有地面选项时，**Gh** 不再显示。

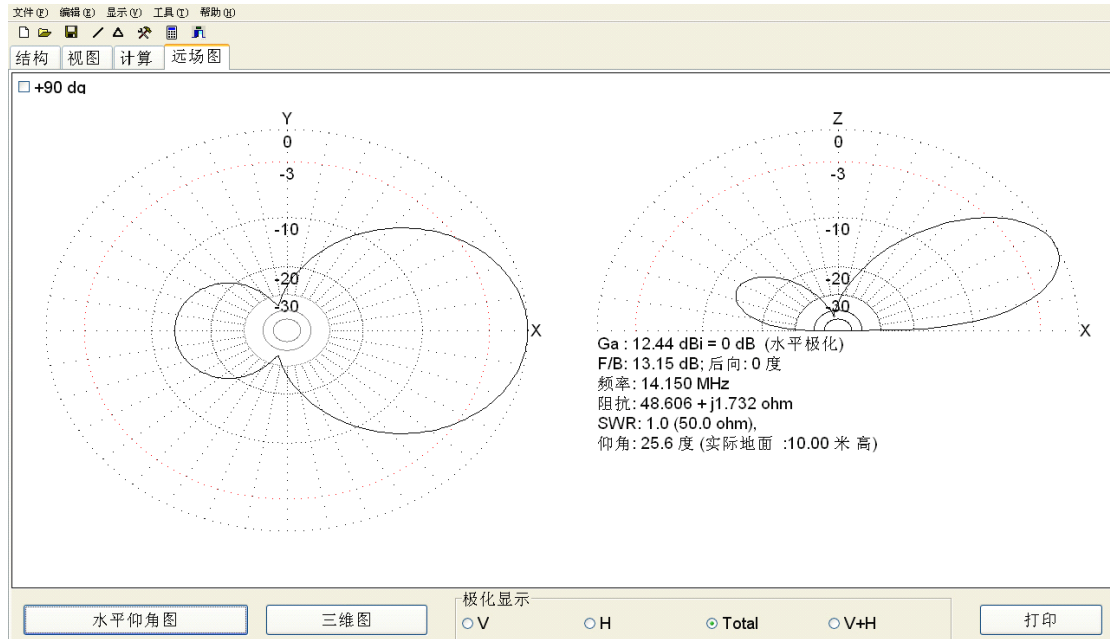
MMANA-GAL 没有全面考虑有效数字。阻抗虽然显示若干位数，但这仅仅是为保留有效数字。对于低阻抗尤其重要。所以必须留意那些包含不精确的有效数字。

如果向模拟两种或两种以上介质的地面，则需输入距离、半径和高度参数。**MININEC**具有考虑虚拟地面的能力，MMANA-GAL 采用了这项功能。在远场波瓣形装的计算时介质参数将作为参考。设置反应地况的介电常数和电导率。第一介质的高度应设置为0.

## 介电常数和地面电导率

| 地面类型    | 介电常数   | 电导率 (mS/m) |
|---------|--------|------------|
| 海水      | 81     | 4000       |
| 淡水      | 80     | 1 - 10     |
| 湿地      | 5 - 15 | 1 - 10     |
| 干燥地面、森林 | 13     | 5          |
| 沙漠      | 12     | 2          |
| 近郊、工业区  | 5      | 1          |
| 荒地      | 2 - 6  | 0.1        |

## 远场图



远场图可显示天线发射的波瓣图。左侧为水平图（俯视图），右侧为垂直图（侧视图）。

垂直图以通过 X 轴的垂直切片方式获得，水平图取最大峰值所在的平面。如果仰角大于87度，MMANA-GAL 则显示45度仰角时的波瓣。

想观察某一发射仰角所具有的特性，点击“水平仰角图”，前后比和其他结果将重新计算。水平与垂直图上的角分辨率均为1度，仰角的解析度可达到0.1度。相对于波长，如果高度很高，需特别注意，此种天线可能会出现非常锐利的垂直波瓣，程序可能不能正确计算峰值角度，尤其是频率1.2GHz 以上的天线。

程序可选择并显示电场的水平极化和垂直极化。通过选择水平极化 (**H**)，垂直极化 (**V**)，集成 **Total** 和叠加(**V+H**) 来观察不同的电场分布。

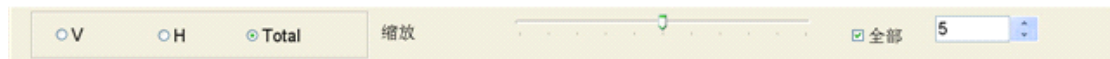
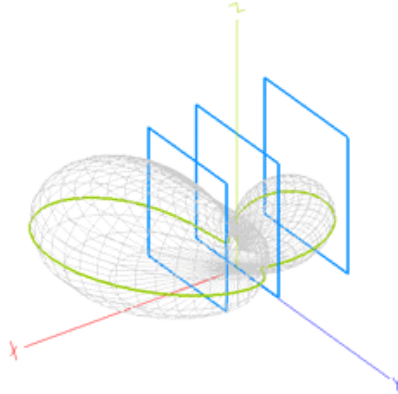
双极鼠标左键可激活矢量测量，可随鼠标移动点击，显示不同高度角和方位角的增益值。右键隐藏矢量计算模式。

按下打印，进入对话框，选择需要的打印纸类型，程序自动根据打印纸类型对远场图进行调整。

远场图可以位图格式保存，Alt-PrintScreen 可将远场图置入剪贴板，随后可在绘图工具软件中进行编辑。

### 三维远场图

Elevation angle 20 deg



鼠标右键可激活菜单，可进行3D 设置及保存图像的操作



# 优化

显示比例

☐ 无目标设置 (简单扫描)

详细设置

波段设置

增益

F/B

仰角

jX

SWR

匹配电路

电流

☒ 绝对值步进

☒ 分辨率 2度

☒ 显示日志

参数

| 序号  | 类型 | 位置 | 优化坐标 | 联合 | 步进   | 最小  | 最大     | 值         |
|-----|----|----|------|----|------|-----|--------|-----------|
| 1   | 单元 | 2  | X    | 0  | 0.03 | 0.0 | 2000.0 | 15.528065 |
| 2   | 单元 | 1  | X    | 0  | 0.04 | 0.0 | 2000.0 | 22.32     |
| 3   | 单元 | 1  | 间隔   | 0  | 0.03 | 0.0 | 2000.0 | 3.3       |
| 4   | 单元 | 3  | X    | 0  | 0.04 | 0.0 | 2000.0 | 20.96     |
| 5   | 单元 | 3  | 间隔   | 0  | 0.02 | 0.0 | 2000.0 | 2.4       |
| 下一个 |    |    |      |    |      |     |        |           |

删除

所有单元

单元编辑

开始

取消

自动优化按照不同的参数进行处理，在天线观察窗口选择优化菜单或在计算窗口点击优化功能。均能达到以下目标：

- 1、电抗最小（达到谐振）
- 2、驻波比最小
- 3、增益最大
- 4、前后比最大
- 5、仰角最低
- 6、匹配电路
- 7、加载电流最大或最小

多数情况下，这些参数是交替使用的，可根据不同的着重点了选择对话框上部的滑动条，如滑动条被置于右侧，则参数被置于首要位置，反之左侧则被忽略。

如果选择无目标设置，MMANA-GAL 将忽略滑动条设置的重点，仅考虑加载电流的最大值。以高度和频率的角度来观察天线的特性，此项功能将对我们帮助很大。

选择“详细设置”按钮来详细设置相关信息。假如某天线具有20DB 的前后比，则将前后比值置为20，系统将在前后比20DB 的基础上，优化其他参数。

选择“波段设置”按钮，可进行波段频率和电源的指定。此项功能对于多波段天线的优化大有裨益。系统默认为单波段、单电源。

匹配电路可以是发卡匹配、电容匹配以及任意的阻抗匹配，发卡匹配的电抗  $jX$  为负值，电容匹配的电抗  $jX$  为正值。

电流的优化则是系统尝试获得驱动点的最大或最小值。

优化处理过程中，系统改变的天线参数如下：

导线的坐标和半径

导线长度、方位角和顶点

单元的宽度、周长和半径。

天线高度

频率

驱动点的电压强度和相位

堆叠空间

集总常数加载的参数

以上参数的变量设置，最高达128。点击类型区域并以回车键激活菜单，回车键在菜单上进行选择或在相关位置进行手工设置。

### 导线坐标和半径

此为基本变量，可改变  $X1, X2, Y1, Z1, Y2, Z2$  坐标和半径  $R$ 。如指定导线坐标变化，连接线在联动时也随之变化。此功能用于精细调整，单位为米，Pos 是单元的编号数字。

### 导线长度、方位角和顶点（极坐标系统）

可按照预期来用极坐标系统来改变导线的长度和角度。这个方法可很方便地于倒 V 形及 V 形八木类天线进行优化。注意：如果变更 X 轴，不能将振子单元的位置或间距设为变量，否则系统将不能更新优化值。

当导线坐标发生变化，与之连接的导线坐标也将随着变化。Pos 是单元的编号数字。步进单位为米或度。

### 振子单元

确定振子单元的参数在优化过程中也可以成为变量，以八木天线为例，这些参数包括振子单元的间距、每个单元的长度。对于回路天线，这些参数是间距、位置、周长等。Pos. 为单元序号，长度单位“米”。

### 集总常数加载

LC 或  $R+jX$  均能在优化过程中成为变量。想改变振子两端的加载（如，加感 DP 或加装陷波器的八木天线），可使用相关的功能设置。如果同时指定电感和电容的值，则系统认为是陷波器，并维持谐振频率不变，如 L 值增加，则 C 值减小。**Pos** 为集总常数加载的序号，电感的单位为  $\mu H$ 。对应电容的单位为 pF。电阻的单位 Ohm。

天线高度

变量单位是“米”

频率

频率单位是 MHz,如果是多波段天线，则不要把频率作为变量。

驱动源

MMANA-GAL 可变换驱动源的电压和相位。**Pos.** 是驱动源的序号，电压单位是伏特 V，相位的单位是度。

Stack space

堆叠间距

单位“米”。如果设置间距值，垂直和水平间距将同时变化。

联合

如果“联合”选项赋值为0,则参数将作为无关变量自由变化。如果赋值为正数，则系统设定为具有相同数目的变量。如果赋值为负数，则系统设定为具有相同数目的负相关变量。可以应用简单的公式，系统支持的符号有+、-、\* 和 /，并优先应用。

公式举例

|        |             |
|--------|-------------|
| 0      | 无关联（独立变量）   |
| 1      | 与变量1相关      |
| -5     | 与变量5负相关     |
| 1*1.05 | 与变量1*1.05相关 |
| 2-1.5  | 与变量2-1.5相关  |
| -3+1.2 | 与变量3+1.2负相关 |

如果优化一个多波段偶极天线的陷波器的位置，想将两个陷波器适当地移动到天线的中心。需要设置两个变量 Y1和 Y2,这两个值确定陷波器的位置。天线的中心 Y 值设置为0,确定 Y1为独立变量（联合值 Y1=0），Y2设置为 Y1的否定变量（联合值 Y2=-1）。应用鼠标右键可自动设置联合值。此方法可以用来移动 **hantenna** 天线或 **tri-hat** 天线的中间线

步进值可以是绝对值或百分值。步进值越大则耗时较少，但不会获得最佳结果。

最大和最小确定变量的范围。可以用#和变量序号指定其他变量，如果在最大值中输入 #1，则最大值的设定将与变量1一致。

如果在八木天线的设计中未能限定间距的最大值，系统会给你提供超出想象的间距；在

一个五单元的八木天线设计中，如果未能设定宽度或周长的最小值，系统将会收缩八木天线的其中一个振子，最后生成一副四单元的天线。所以，最好的办法是在天线优化过程中，从天线观察窗口内观察天线的变化。

**删除：**删除按钮可删除光标所在之处的变量。

**所有单元：**所有单元按钮可让系统将全部变量添加至优化变量单。

**单元编辑：**按“单元编辑”按钮后进入，移动光标后可进行相关变量的修改，按“OK”结束。系统为优化对所选变量注册，带星号\*的变量为已注册变量。

**绝对值步进：**选中可更改步进值，不点中则默认为百分值。

**分辨率2度：**点中激活，MMANA-GAL 将以2度为一个层面来计算发射波瓣，可缩短计算时间，但降低短波天线的精确度。

**显示优化记录：**优化处理过程可在优化记录中查询。

按下“开始”启动优化，在优化过程中你可以实时看到导线的长度、天线的形态和远场波瓣图。因为程序已经开始优化工作，所以鼠标的反应比较迟缓。

其实说这句话完全没有必要，那就是 MMANA-GAL 在 WINDOWS 系统中工作，在优化过程中，你还能干些其他的工作，你可以运行两个系统，其中一个作优化，在另外以一个里进行其他的设计。

## 优化结果记录

因为天线设计者对天线有不同的期望和要求，所以优化过程并不对结果是否最优进行判断。点击优化记录可了解天线各项指标的相关信息。系统可容纳最多128条优化信息。可选择其中一条并返回优化窗口，所以手工选择你认为最好的天线状态。

## 优化的技巧

我曾尝试多种优化算法。而且已经找出如何根据算法来进行实际的天线调整。那就是每次改变一个参数，并使其达到佳。用第二个参数重复这一过程，可快速达到目的并得到良好的结果。

这一按部就班的优化过程不会永远给出真实的最佳方案，发现较好值后即可停止优化处理。如果对此结果仍不满意，改变参数后可重复优化过程。

结果取决于参数的顺序。MMANA-GAL 首先采用第一参数进行优化，然后才是第二。所以应该将最有效的参数设置为第一变量。

追求增益经常会导致阻抗偏低，而低阻抗又使得带宽变窄，且导线损耗不能被忽略。实际生活中安装低阻抗天线是非常困难的事情，所以优化中用 SWR 作指标则能得到合理的结果。

如果设置为两个或两个以上的波段，MMANA-GAL 会优化每个波段并积累评估。但是只显示第一个反馈信息。

为了能在每个波段的边缘区正常工作，应设置波段的边缘频率。虽然这样会使优化过程变长且耗时过多，但我能保证你可以得到好的结果。

在分析八木-宇田天线时，矩量算法在计算速度上很很慢，所以推荐使用其他诸如使用电动势算法的分析工具。

## 优化目的

### -如果目的是阻抗 $Z$

进入选项和设置菜单，基准 SWR 控制板输入  $R$  和  $jX$ 。设置基准 SWR 最低，然后开始优化处理。

第二种方法，工具菜单中选择优化，选择详细设置，选择目标，对  $Z$  值进行设置，输入  $R$  和  $jX$ ，设置匹配电路类型然后可开始优化。注意不要改动目标 SWR 和  $jX$ 。

### -如果目的是纯电阻

进入工具菜单，选择优化，选择详细设置，选择目的，选择  $Z$ ， $R$  输入数值， $jX$  值内输入 \*号，选择匹配电路然后开始进行优化。不要对目标 SWR 或  $jX$  进行改动。

### -如果目的是电抗

进入工具菜单，选择优化，选择详细设置，选择目的，选择  $Z$ ， $jX$  输入数值， $R$  值内输入 \*号，选择匹配电路然后开始进行优化。不要对目标 SWR 或  $jX$  进行改动。

### -如果目的是得到谐振电压

进入工具菜单，选择优化，选择详细设置，选择目的，选中  $Z$ ， $R$  值输入 10000， $jX$  输入 0。设置完目标匹配电路后，开始优化。 $jX$  可输入较小数值。端馈天线， $jX$  赋值为\*。

注意：如果  $R$  或  $jX$  输入 \*号，则此值在评估中不被考虑。

### -如果目的是注重发射波形

进入工具菜单，选择优化，选择详细，选择环境，方位角输入 180，垂直输入 90。增益与前后比滑动条位于中心，输入期望 SWR 值，然后开始优化。

### -如果目的是宽波段天线

在波段设置窗口中设置两到三个频率点。则使 SWR 最小化则优先于  $jX$  最小化，因为  $R$  值变化不大（需要先期设定目标 SWR）。

### -如果目的是保持横梁的长度

将振子的位置设为变量，注意：必须将前后振子的位置固定，换言之，仅仅应用前后两端之外的其他振子，为此应在优化窗口中的“单元编辑”中取消“距离标记”。

## 全部振子的优化

当在优化窗口内选择全部振子单元的优化时，MMANA-GAL 自动将下列参数作为变量：

回路的长度、间距（振子单元的位置）、宽度、长度、X 轴宽度，间距（位置）

MMANA-GAL 分析振子单元和指定变量的相对位置，以驱动振子、反射器、引向器为顺序进行。

如果有两个或两个以上的振子单元具有相同的 X 值，系统认为这些导线互相连接，并使之具有关联。如果一个振子单元在宽度、长度及 X 轴上具有两个或两个以上的变量，系统将启动对话框询问操作者应如何处置。

MMANA-GAL 不能自动使具有不同 X 坐标值的振子进行关联。在优化窗口内单击鼠标右键激活菜单，选择需要关联的振子。此项技术对于表面天线（振子长度一致并集中在同一平面）的优化非常有益。

当选择所有振子单元时，MMANA-GAL 采用典型步进值，可根据自己的喜好对步进值进行设定，菜单上提供的仅是各变量的默认理想值。

### **振子单元的谐振频率**

应用天线模拟来确定每个单元的谐振频率，对于建造天线至关重要。给目标单元加上馈电点，设置频率为变量， $jX = 0$  指示谐振，所获得的频率即为谐振频率，这项功能对于八木天线引向器和反射器的长度确定，感觉非常有用。可单独 DP 天线的方式测量出谐振频率，长度自然也就得以确定，然后再装回横梁。