

复杂电磁环境雷达干扰模拟器的实现

罗德与施瓦茨（中国）科技有限公司

摘要：面对复杂电磁环境，现代雷达需要具有抗干扰能力，当前雷达研发所都需要对雷达系统进行雷达抗干扰性能的评估。雷达抗干扰性能评估对于雷达装备研制与实战效能评估具有重要意义。产生复杂电磁环境的雷达干扰信号的模拟器是雷达抗干扰效果的重要设备，本文介绍了一种通用的复杂电磁环境雷达干扰模拟器的实现方法，采用功能强大的微波矢量信号源SMW200A配合K300软件，实现复杂电磁环境雷达干扰模拟器的功能扩展。

关键词：雷达；模拟器；干扰；复杂电磁环境；SMW200A；K300

1 引言

复杂电磁环境雷达的适应性考虑，需要同时模拟干扰信号和目标信号来进行验证。雷达目标模拟器是在雷达测试系统中模拟目标微波反射特性，产生目标回波信号，对雷达性能测试和动态仿真的核心设备，在雷达目标导引、武器制导、遥感成像和气象探测等领域具有重要应用。在目标模拟器的基础上实现干扰的模拟是雷达模拟器当前一个重要需求，需要建立了雷达目标模拟器的一体化数字开发环境和通用开发平台；实现多体制雷达的目标、环境及干扰信号模拟的集成，实现雷达目标模拟器的标准化和系列化。采用SMW200A作为雷达回波和干扰模拟器的硬件平台，跟非标自制的设备比，具有更高的射频指标，如动态范围、杂散、相位噪声、频率范围等，而且更具有通用化，可

以通过软件的设置和修改就可以实现不同体制雷达和干扰的设定，灵活性大大提高。

2 系统构架

雷达复杂电磁环境模拟器主要包括雷达信号模拟器和雷达干扰模拟器两大类，模拟器是要在实验室内形成逼真的电磁信号环境，它可对所产生的模拟信号实施逐个脉冲的控制，所控制的参数包括：脉冲到达时间、脉冲到达角、射频频率、脉冲宽度、脉冲幅度(由雷达辐射电平雷达天线扫描特性和作用距离决定)脉冲压缩、脉间捷变、脉内捷变

等特性。R&S公司的雷达目标、干扰模拟器采用矢量信号源SMW200A作为硬件平台，SMW200A是一款频率范围覆盖100 kHz~42.5 GHz，具有双通道输出的信号源，同时可以搭配2个模拟基带输出，6个数字基带输出，最多实现8个通道的信号同时产生。为多通道、多目标、多干扰产生提供了硬件基础。内部基带信号发生器可产生最高160 MHz I/Q调制带宽，带内平坦度可以达到0.05 dB的极高指标，外部IQ调制带宽可达2 GHz。

SMW200A的构架如图1所示。



图1 SMW200A架构

可以看到, SMW200A的基带输入及其强大, 这也为雷达信号基带的输入提供了各种选择, 可以选择仪器内部的160 M的基带源, 也可以选择数字基带IQ的输入。

由于干扰源来自不同的辐射源, 具有不同的波束方向和不同的信号形式, 所以如果要产生真实的环境, 需

要接不同的天线, 这样需要多通道的信号模拟器, 同时能够模拟多个辐射源, 或者多部雷达的信号产生。SMW200A具有业内独有的双通道构架和2个模拟基带输出6个数字基带输出, 这样可以搭配出各种复合条件的多通道雷达信号模拟和干扰模拟, 如图2所示。

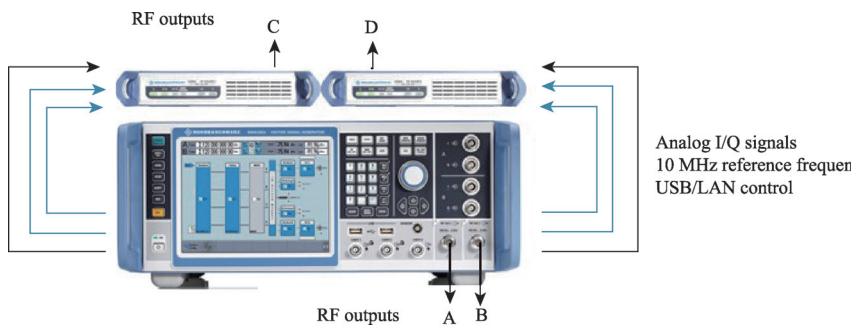


图2 4路相参信号产生

如图2所示为一个4通道信号产生配置, 一台双通道的SMW200A矢量信号源, 另外配两台紧凑型的矢量信号源SGS, SMW200A后面板的IQ信号直接送给SGS, 通过USB的连接, 在SMW200A的界面上可以直接控制SGS的信号设置。为了保证某些应用的需要, 产生的信号要保证全相参, 所以整个系统考虑了简单的共用本振和信号触发同步的设置, 可以保证信号

3 雷达复杂电磁环境场景构建

复杂电磁环境雷达干扰模拟器和信号模拟器常常需要同时产生和实现, 所以当前的模拟器通常需要同时进行目标模拟和环境模拟, 也就是要同时产生目标信号和干扰信号。R&S

公司的雷达模拟系统以SMW200A作为硬件平台, 配合专用的雷达环境模

拟软件K300, 就可以模拟真实的雷达工作场景, 产生环境信号和目标信号。使用K300软件可以直接生成想要的雷达场景数据, 通过LAN口控制SMW200A进行信号的实时播放。

为了验证雷达系统的抗干扰效能评估, 需要构建一个带有干扰的复杂背景雷达电磁环境, 构建的环境包括多个因素需要考虑, 如:

- 1) 雷达源位置和个数
- 2) 干扰源位置和个数
- 3) 雷达体制设置
- 4) 雷达天线波束和天线扫描
- 5) 雷达脉冲参数设置
- 6) 干扰源特性

为了能够清晰的描述这些参数, 雷达环境模拟软件可以设置图形化的辐射源添加, 如图3所示为2D方式显示的辐射源和干扰源坐标图。

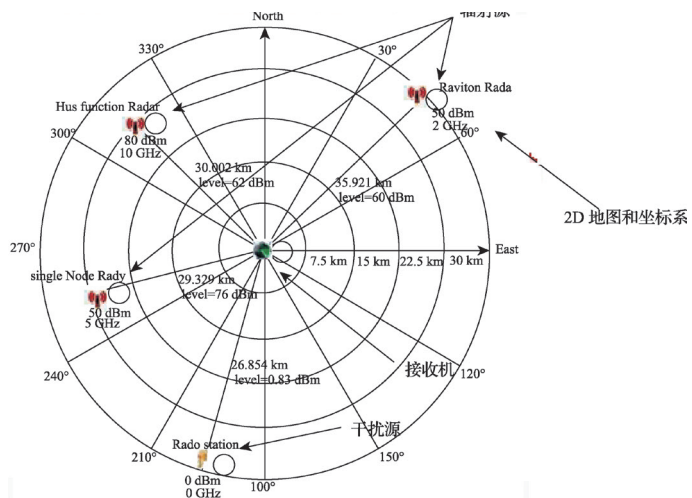


图3 K300软件显示复杂雷达场景坐标地图

图3中, 中心是雷达接收机位置, 布置了三部雷达和一部干扰

备。每部雷达发射机和干扰辐射源的位置都可以设定, 图中的3部雷达

一部是单模式雷达，一部是多功能雷达，还有一部是导航雷达，辐射干扰源是无线台站。每一部雷达都可以单独设置载频、功率、带宽、尤其是天线的指向等参数。

以地图的形式进行场景构建特别适合复杂电磁环境的构建描述，基于地图的场景构建更能模拟真实的环境。这个功能是雷达环境模拟系统的

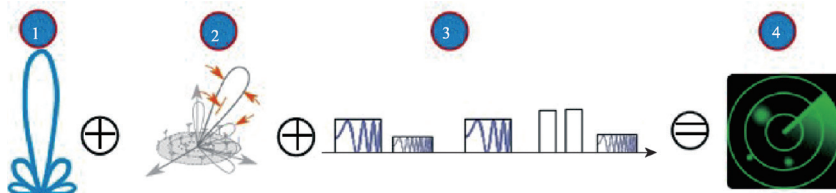


图4 K300软件雷达信号生成逻辑

如图4所示，要模拟一个真实的雷达信号，首先要设置其雷达的波束，然后是雷达天线的扫描，然后根据雷达的体制设置不同的脉冲宽度、脉压方式、高低重频等，最后显示出雷达的结果。

具体到1、2、3、4的每个环节，都可以通过软件界面的友好设置，进入下一步的设置，软件界面如图5所示。

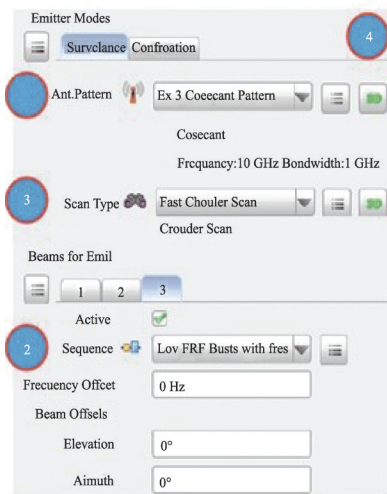


图5 K300软件雷达信号生成四阶段设置起始界面

统筹安排。不论是地基雷达还是空基雷达，或者是弹载雷达，都可以以其真实的工作环境，进行地图的构建，这将是雷达系统抗干扰评估的一种高效手段。

4 雷达体制和参数设置

根据不同用途的雷达，要设置相应的雷达天线参数波束方向以及脉冲波形参数等，其模拟软件的逻辑如图4所示。

通过这个起始界面，可以分别点击每个部分的菜单设置键进入更进一步的设置区域。比如脉冲波形的设置可以进入到如图6所示的界面。

5 干扰设置

现在的雷达干扰模拟器提供各种主要干扰模式，如噪声干扰、随机假目标干扰、高重频干扰及航迹假目标干扰等。常见的有源干扰、有压制性干扰和欺骗性干扰。其中噪声干扰是通过把目标淹没在噪声中产生遮蔽雷

Sel	Line	Item	Type	Item	Rep	Ctrl	IPM	Marker	Freq	Level	Phase	PRI	Deby
	1	Pulse	FM chirp		1		stabic	1 2 3 4	0 Hz	0 dB	0°	400us	0s
	2	Loop			2								
	3	Pulse	FM chirp		1		stabic	1 2 3 4	0 Hz	0 dB	0°	150us	0s
	4	Pulse	FM chirp		1		stabic	1 2 3 4	1 Hz	-2 dB	10°	200us	0s

Modulation on Pulse

图6 K300软件脉冲波形和脉冲系列设置

有源压制性干扰可以通过R&S公司的矢量信号源SMW200A和雷达模拟软件一起，产生干扰信号，不管是脉冲形式的还是连续的。同时配

达目标的效果，它的干扰方式主要是连续的，非相干的噪声干扰，属于压制性干扰；压制性干扰的主要优点是需要了解敌方雷达的信息很少，它对传统体制雷达的干扰效果较好。

欺骗性干扰就是采用假的目标和信息作用于雷达的目标检测和跟踪系统，使雷达不能正确的检测真正的目标或者不能正确的测量真正目标的参数信息，从而达到迷惑和扰乱雷达对真正目标检测和跟踪的目的。欺骗性干扰包括距离欺骗、角度欺骗、速度欺骗、AGC欺骗及多参数欺骗等。欺骗性干扰的优点是干扰信号和雷达信号匹配，所有的干扰功率均被雷达吸收，雷达的处理增益也可部分被抵消或全部被抵消。

高重频干扰是利用干扰机发射的高重频，窄脉冲在雷达的自动检测器输出端或显示器上形成远大于雷达自动处理的目标批数(对固定幅度门限的雷达)或干扰能量使幅度门限抬高，致使其目标处理能力大幅度下降，甚至丧失。利用高重频脉冲干扰技术，能有效干扰敌方警戒雷达，使敌方雷达不能有效工作。

合R&S公司的宽带功率放大器BBA可以提供最高10 KW的功率的信号。

(下转第18页)

表2 制定磁材设备的检测规范参考

评估项目	子项	推荐权重
尺寸精度	1.无形位公差的样品: 动态绝对精度 + 重复精度 2.有形位公差的样品: 动态绝对精度 + 重复精度 3.有倒圆的样品: 动态绝对精度 + 重复精度 4.轮廓度的样品	20%
厚度精度	1.无形位公差的样品: 动态绝对精度 + 重复精度 建议0.5、1、2、3 mm厚度的标准片 2.有形位公差的样品: 动态绝对精度 + 重复精度	15%
外观检测	1.根据公式漏检率3, 统计漏检能力 2.根据公式误检率2, 统计误检能力	20%
检测效率	1.统计检测的平均速度	15%
设备其他	1.更换玻璃盘的复杂度和时间 2.LED光源频闪使用	15%
	1.新工件的调试难度 2.无人值守能力 3.操作复杂度 4.设备运行时噪音 5.设备易清洁性 6.尺寸数据保存为Excel文件等功能	15%

6 小结

磁材AOI设备属于新兴自动化设

备, 在磁材行业内刚刚开始普及, 各厂家对设备的认识程度参差不齐, 缺

(上接第12页)

对于欺骗式干扰的生成, SMW200A矢量信号源具有DRFM的方式产生欺骗干扰, 通过SMW200A的数字基带输入, 通过注入式的方式将信号加载到矢量信号源SMW200A, SMW200A的内置衰落模块可以对输入的数字基带信号进行二次改造, 如距离信息、多目标信息、速度信息等参数, 可以改变目标的参数然后转发出去, 形成欺骗式干扰的生成。产生的信号还可以叠加噪声和

其他的干扰。

6 小结

基于SMW200A矢量信号源配合K300软件构建复杂电磁环境雷达场景干扰模拟器解决了可视化地图场景构建, 同时实现了雷达的目标模拟和环境模拟, 实现了多目标多功能多种干扰源的模拟, 是当前一种通用化的雷达背景信号模拟器和干扰模拟器, 便于雷达系统抗干扰能力的效能评估。

少一套标准的检测规范。

本文弥补了这个空白, 分析了影响设备检测性能的多种因素, 包括尺寸精度、厚度精度、外观漏检和误检、设备可维护性、无人值守、易用性等, 并说明了每种因素在评估时的操作方法、注意事项, 最后给出评价项目表和推荐权重, 具有良好的适用性。磁材厂家可以依据此文, 制定出全面、科学、客观、可执行的磁材设备检测规范。

本文并未对各项的评估标准做细节说明, 磁材厂家可根据自身工艺特点情况制定, 具体的检测项目可酌情删减。例如有的厂家只关注尺寸测量, 不关注外观检查, 就可以去除外观方面的评测。

参考文献

- [1] [美]Merrill Skolnik 著.雷达系统导论[M].第三版.左群声 徐国良, 马林等译.北京:电子工业出版社, 2007.
- [2] 杨文隽.雷达干扰模拟器的设计与研究[J].国航技术基础, 2010(11):53-55.
- [3] 周万幸.雷达抗干扰性能评估模拟与指标体系研究[J].现代雷达, 2013, 35 (11) : 1-5.