

# 毫米波雷达目标模拟器

## 产品手册



产品手册

版本 v1.3, 2020-10-23

### 保密与版权

本文件中包含的信息应为北京雷驰瑞泰科技有限公司的独有知识产权，未经北京雷驰瑞泰科技有限公司书面同意，接受方不得向第三方披露。

## 修订记录

版本号	修改人	日期	更改内容
V1.0	cf. xu	2019-07-27	第一稿
V1.1	cf. xu	2019-08-22	增加技术规格说明
V1.2	cf. xu	2019-12-05	更新 RF 输入功率范围
V1.3	hq. jiang	2020-10-23	添加光纤延迟线型 RTS 说明

## 目录

1 产品特性.....	1
1.1 数字型.....	1
1.2 光纤延迟线型.....	2
2 技术规格表.....	3
3 工作条件.....	5
4 型号标识.....	6
5 支持雷达测试内容.....	6
6 产品结构外形与接口.....	7
6.1 RTS2601.....	7
6.2 RTS2602/RTS8101A/RTS8102A.....	8
6.3 RTS8101C.....	8
7 数字型 RTS 应用软件.....	9
7.1 示波器功能.....	9
7.2 时频图功能.....	10
7.3 目标场景模拟功能.....	11
8 产品校准.....	12
9 售后服务.....	12
9.1 电话与远程支持.....	12
9.2 维修服务.....	12
10 订购指南.....	12
关于雷驰瑞泰.....	13
联系我们.....	13

## 1 产品特性

目前，本公司共推出两种类型的雷达目标模拟器（Radar Target Simulator, RTS），分别为数字型和光纤延迟线型。

数字型 RTS 的灵活性好于光纤延迟线 RTS，但数字系统的固有延时问题，使得 RTS 模拟的最近距离受限，如罗德的数字 RTS9510C 最近只能模拟到 8m。所以，一般 RTS 厂家对于远距离目标的模拟采用数字 DRFM 方案，近距离目标模拟采用光纤延迟线。我们数字型 RTS 产品的核心能力在于采用先进的信号处理算法克服了数字 RTS 固有延迟，使得模拟目标的最近距离接近零米，并且可适应各种雷达波形。产品整个距离段全部采用数字技术，并由此采用空间合成的方法同时模拟多个角度的目标。我们的数字型 RTS 产品具有精度高、重复性好、用户体验感强、成本低等优点，主要应用于雷达产品研发、复杂场景模拟等场合。

光纤型 RTS 具有系统延时小、控制简单、成本低等优点，广泛用于雷达产品产线测试。

### 1.1 数字型

- 静止、运动目标模拟
- 单方向最多五个目标模拟，每个目标独立配置距离、速度历程
- 每个目标单独配置角度历程（仅对一收多发产品有效）
- 支持目标文件加载方式
- 支持串口、网口外部控制
- 实时 2D 动画模拟演示
- 雷达发射功率 EIRP 测量
- 雷达时域图观测
- 雷达时频图观测



数字型 RTS 设备是采用数字 DRFM（Digital Radio Frequency Memory）技术体制的全数字目标模拟器。RTS 工作原理示意如下图所示，RTS 接收雷达发射信号后，经过下变频，在 FPGA 中完成用户设置的场景目标信息调制，经过 DAC 转换成中频信号，再上变频后通过天线发射给雷达，雷达就会探测到用户设置的目标场景。

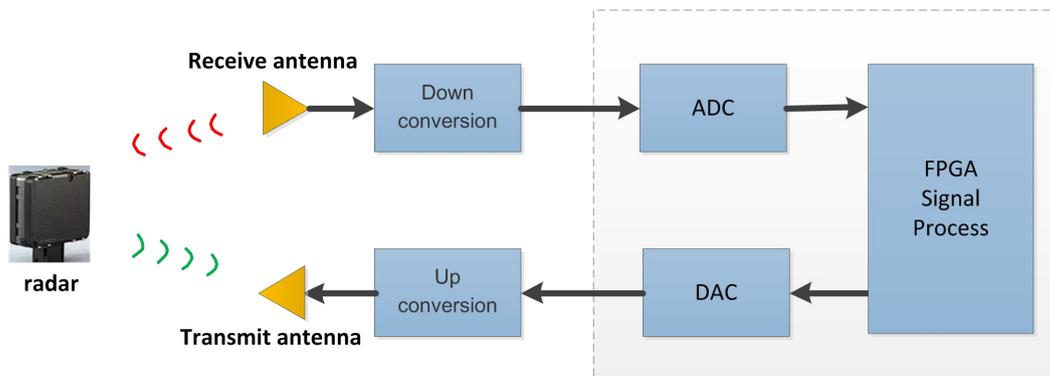


图 1 数字型 RTS 工作原理图

## 1.2 光纤延迟线型

- 固定距离目标模拟，目标可带速度
- 单方向最多模拟 4 个目标，距离分别为 5m、50m、100 和 200m，每个目标独立配置速度
- 每个目标单独配置角度历程（仅对一收多发产品有效）
- 支持串口外部控制



光纤延迟线型 RTS 设备采用光纤延迟技术实现目标距离模拟。光纤延迟线型 RTS 工作原理示意如下图所示，RTS 接收雷达发射信号后，经过下变频，在光纤延迟线中完成用户设置的目标距离信息调制，经过多普勒调制，完成目标速度信息调制，再上变频后通过天线发射给雷达，雷达就会探测到用户设置的目标场景。

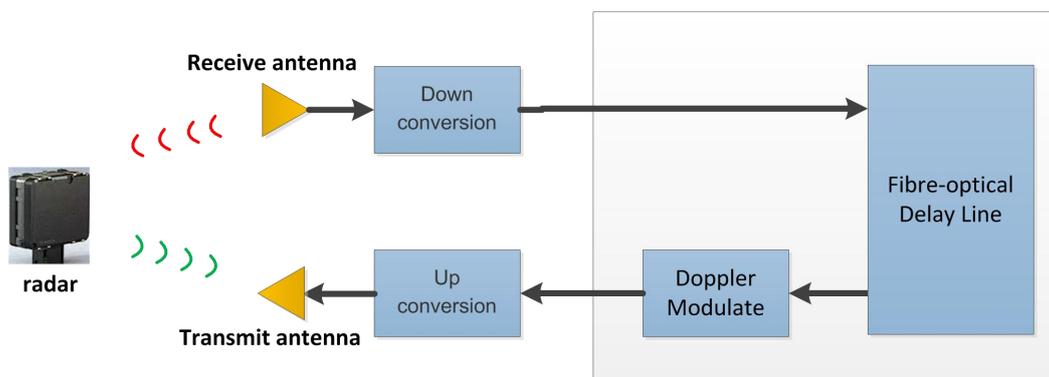


图 1 光纤延迟线型 RTS 工作原理图

## 2 技术规格表

表 1 数字型 RTS 技术规格表

参数	24GHzRTS2601/2602			77/79GHzRTS8101/8102			单位
	最小值典型值最大值			最小值典型值最大值			
射频范围							
频率范围	23.975 ~ 24.325			76 ~ 81			GHz
瞬时带宽	0.35			1			GHz
收发天线							
天线增益	9			15			dB
方位 3dB 波束宽度	80			27			°
俯仰 3dB 波束宽度	35			32			°
RF 接收模块							
RF 输入功率范围	-85		-24	-85		0	dBm
RF 抗烧毁功率	≥10			≥10			dBm
RF 衰减控制	31			55			dB
RF 发射模块							
RF 最大发射功率	-2			1			dBm
发射衰减控制	63			120			dB
衰减控制步进	1			0.5			dB
距离模拟							
距离值	0 <sup>1</sup> 1000			0 <sup>1</sup> 1000			m
距离步进	0.15m			0.06m			m
相对精度/24 小时最大抖动	±0.0015			±0.0005			m@1km
速度模拟							
速度值	-600600			-600600			km/h
速度步进	0.01			0.01			m/s
相对精度/24 小时最大抖动	±0.00015			±0.0000525			m/s@100m/s
角度模拟 <sup>2</sup>							
角度范围	FOV <sup>3</sup> 180			FOV <sup>3</sup> 180			
角度精度	1%	2%	5%	1%	2%	5%	FOV
目标参数更新率	1			1			ms
结构与环境							
产品尺寸（高 x 宽 x 深）	249×260×100			280×440×340			mm
重量	8			22			kg
工作温度范围	-10		+55	-10		+55	° C
工作湿度范围，40° C	50%		90%	50%		90%	
储存和运输温度范围	-40		+70	-40		+70	° C
供电 <sup>4</sup>	交流 220V   锂电池			交流 220V			
操作系统	Windows7 专业版 64 位			Windows7 专业版 64 位			
应用软件	QT 平台，GUI 界面			QT 平台，GUI 界面			

编程接口（外部控制）	RS232 串口，提供 API 函数	网口，提供 API 函数	
------------	--------------------	--------------	--

1. 最近距离受到雷达模拟电路和模拟器发射功率的影响，以实际测试为准。
2. 角度模拟功能仅对 RTS2602 设备有效。
3. FOV 是指模拟器两个发射天线相位中心相对于雷达接收天线相位中心的张角。
4. RTS2601 除了 220V 交流供电，其内部还具有锂电池供电，可脱离外部电源独立工作 4 小时以上。

表 1 光纤延迟线 RTS 技术规格表

参数	77/79GHz RTS8101C/ RTS8102C			单位
	最小值	典型值	最大值	
射频范围				
频率范围	76 ~ 81			GHz
瞬时带宽	5			GHz
收发天线				
天线增益	15			dB
方位 3dB 波束宽度	27			°
俯仰 3dB 波束宽度	32			°
RF 接收模块				
RF 输入功率范围	-50		0	dBm
RF 抗烧毁功率		≥+10		dBm
衰减控制范围	31			dB
衰减控制步进	1			dB
RF 发射模块				
RF 最大发射功率	+5			dBm
衰减控制范围	81			dB
衰减控制步进	0.25			dB
距离模拟				
距离值	5、50、100、200			m
绝对精度	±0.1			m
固有延迟 <sup>1</sup>	3			m
速度模拟				
速度值	-700		+700	km/h
速度最小步进	0.6			Hz
绝对精度	2			Hz
角度模拟 <sup>2</sup>				
角度范围	FOV <sup>3</sup> 180			
角度精度	1%	2%	5%	FOV
目标参数更新率	1			ms

结构与环境			
产品尺寸（高 x 宽 x 深）		133×286×400	mm
重量（净重）		8.5	kg
重量（毛重）		17.1	kg
工作温度范围	-10		+55 ° C
工作湿度范围，40° C	50%		90%
储存和运输温度范围	-40		+70 ° C
供电	交流 220V		
应用软件	/		
编程接口（外部控制）	RS-485 串口，提供通信协议		

1. RTS 设备的固有延迟。
2. 角度模拟功能仅对 RTS8102C 设备有效。
3. FOV 是指模拟器两个发射天线相位中心相对于雷达接收天线相位中心的张角。

### 3 工作条件

模拟器能够模拟目标的前提条件是其可以正常接收到雷达的辐射信号，这与雷达的  $EIRP_{radar}$  大小、雷达与模拟器接收天线之间的物理距离、模拟器接收天线增益、接收通道灵敏度、RTS 内部 ADC 的量程大小等参数有关系。为了尽可能的适应各种  $EIRP_{radar}$  大小的雷达，同时为了保证  $R_{RTS}$  具有大的距离可调整范围，RTS 接收通道内设置了衰减控制，24GHz 设备具有 31dB 的衰减控制，77GHz 设备具有 55dB 的衰减控制。对于 EIRP 值较大的雷达，用户需要确保 RTS 接收到的雷达信号在 RTS 内部的高速 ADC 节点不能超出量程，这可以通过调整衰减使得时域图显示的雷达发射信号尽可能地接近 ADC 的满量程。对于 EIRP 值较小的雷达，则要求放置距离不能太远，否则模拟器接收信号过小无法正常工作。

ADC 处信号功率大小计算公式如下：

$$P_{adc} = \frac{EIRP_{radar}}{(4\pi)^2 R_{RTS}^2} \cdot \lambda^2 \cdot G_{RTSR} \cdot K_r \cdot I_r \cdot A_r$$

其中， $EIRP_{radar}$  为雷达发射功率， $R_{RTS}$  为雷达与模拟器接收天线之间的物理距离， $G_{RTSR}$  为 RTS 接收天线的增益， $K_r$  为 RTS 模拟接收通道的增益， $I_r$  为 RTS 模拟接收通道的各种插损， $A_r$  为 RTS 模拟接收通道的衰减。根据上式可以计算出 RTS 对雷达  $EIRP_{radar}$  的要求。

下图给出了在不同  $R_{RTS}$  下，模拟器对雷达  $EIRP_{radar}$  数值范围的要求。

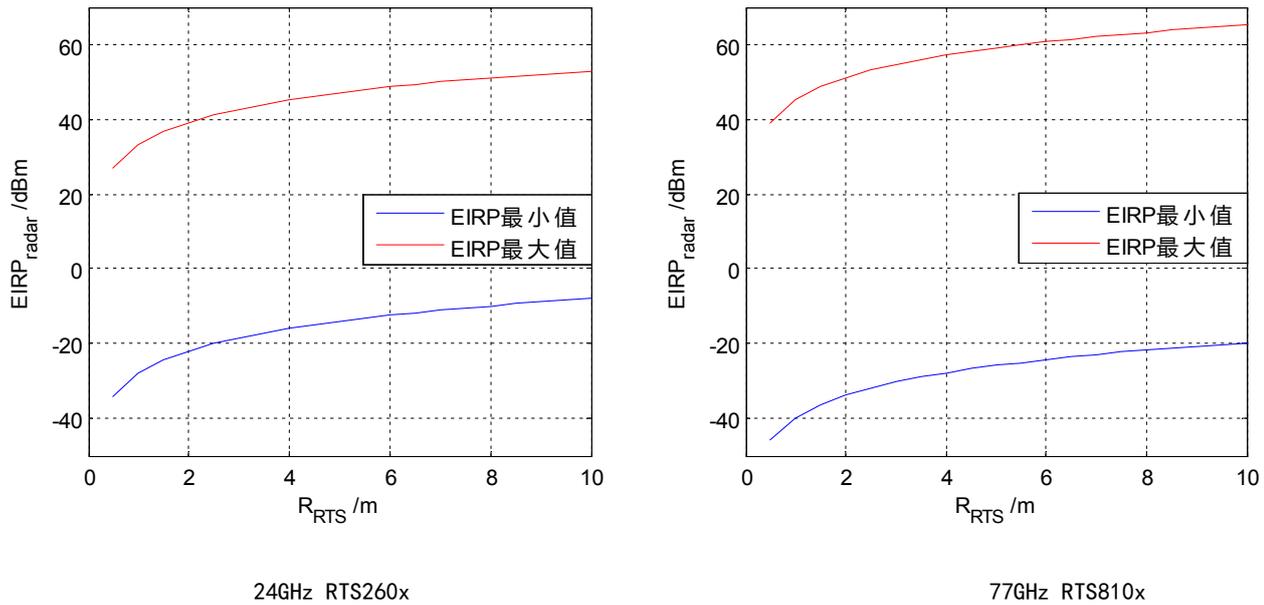


图 2 RTS 对雷达 EIRP 的要求

对于 EIRP 高于模拟器要求的雷达，可以通过旋转 RTS 接收天线以降低接收通道的增益来适应。对于 EIRP 低于模拟器要求的雷达，可以通过更换增益更大的 RTS 接收天线来适应。

#### 4 型号标识

RTS 产品根据工作频率、带宽以及多目标的角度模拟能力分成多种型号供用户进行选择。产品型号标识说明如下图所示：



图 3 RTS 产品型号标识

#### 5 支持雷达测试内容

对于毫米波雷达企业，在雷达研发和生产阶段，可以利用模拟器完成如下的雷达测试功能。

表 2 模拟器支持的雷达测试内容

测试名称	测试明细
雷达发射系统	雷达有效辐射功率 EIRP，在时域图中显示
	发射信号频率，在时频图中显示
	发射信号带宽，在时频图中显示
	发射信号调频线性度，将时频图数据导入到 matlab 中分析显示

动态多目标轨迹	支持 5 个多目标的运动场景，距离、速度、角度参数自定义，角度功能仅对 RTS2602
雷达检测灵敏度	通过对目标 RCS 大小的控制，结合雷达输出，可以测量雷达的灵敏度。该项指标根据雷达产品的一致性水平，决定是否对不同距离、速度、角度上的目标进行测试。利用模拟器可以同时模拟多个角度、距离、速度的目标，来加速产品灵敏度测试的速度
雷达测量准确度	模拟器模拟一个带多普勒的静止目标，通过保存雷达的点迹数据，可以统计雷达的距离、速度和角度的测量精度。利用模拟器可以同时模拟多个角度、距离、速度的目标，来加速产品测量准确度测试的速度
雷达校准	模拟器模拟一个点目标，雷达测量出结果，对结果进行差值修正，写入雷达内存，完成雷达距离、速度、角度的校准
报警时间测试	对各种汽车 BSD、LCA、FCW、AEB 应用，进行 TTC 报警时间的测试。将模拟器报警与雷达报警电平信号取时间差，测得 TTC 时间

对于汽车主机厂的用户，一般利用 RTS810x 完成雷达的硬件在环测试（HIL—Hardware in loop），产品通过网口或串口接收外部控制，完成目标场景的动态更新，响应延时时间小于 1ms。

## 6 产品结构外形与接口

### 6.1 RTS2601

- 采用一体化便携式结构，具有 360° 可调角度的支撑手柄。
- 内部具有锂电池，可以脱离电源工作 4~6 小时。
- 通过交流 220v 转直流 24V 的电源适配器给 RTS 设备供电。
- 通过 RS232 串口与用户计算机连接，GUI 目标模拟软件运行在用户计算机上，产线模式下支持 API 函数调用。

RTS2601 产品结构图如下。

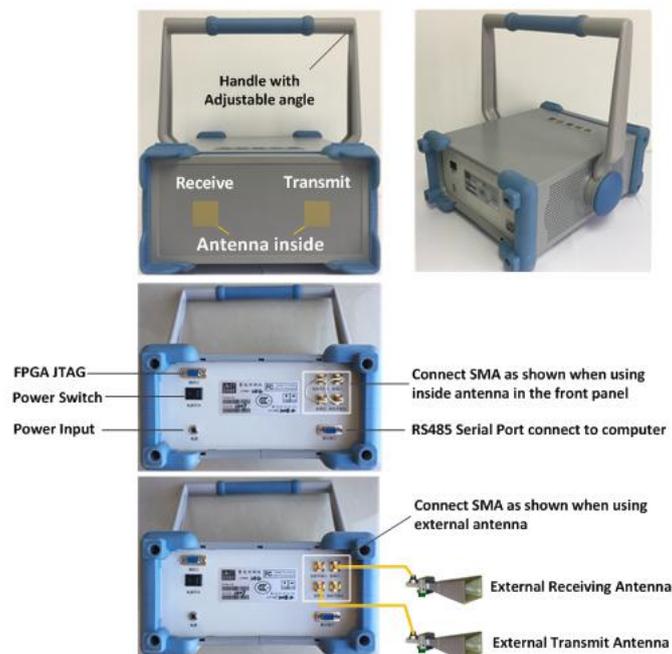


图 4 RTS2601 产品外观与对外接口

## 6.2 RTS2602/RTS8101A/RTS8102A

- 一体化结构，集成了触摸高清宽屏一体化计算机，直接支持目标模拟软件运行。
  - 通过交流 220v 直接给 RTS 设备供电。
  - RTS810x 产品可以最多集成 24GHz 一收二发模拟器和 77GHz 一收二发模拟器。
  - 产线模式下或 HIL 应用模式下，通过网口与用户计算机连接，支持 API 函数调用。
- 完整配置的 RTS8102A 产品结构图如下。

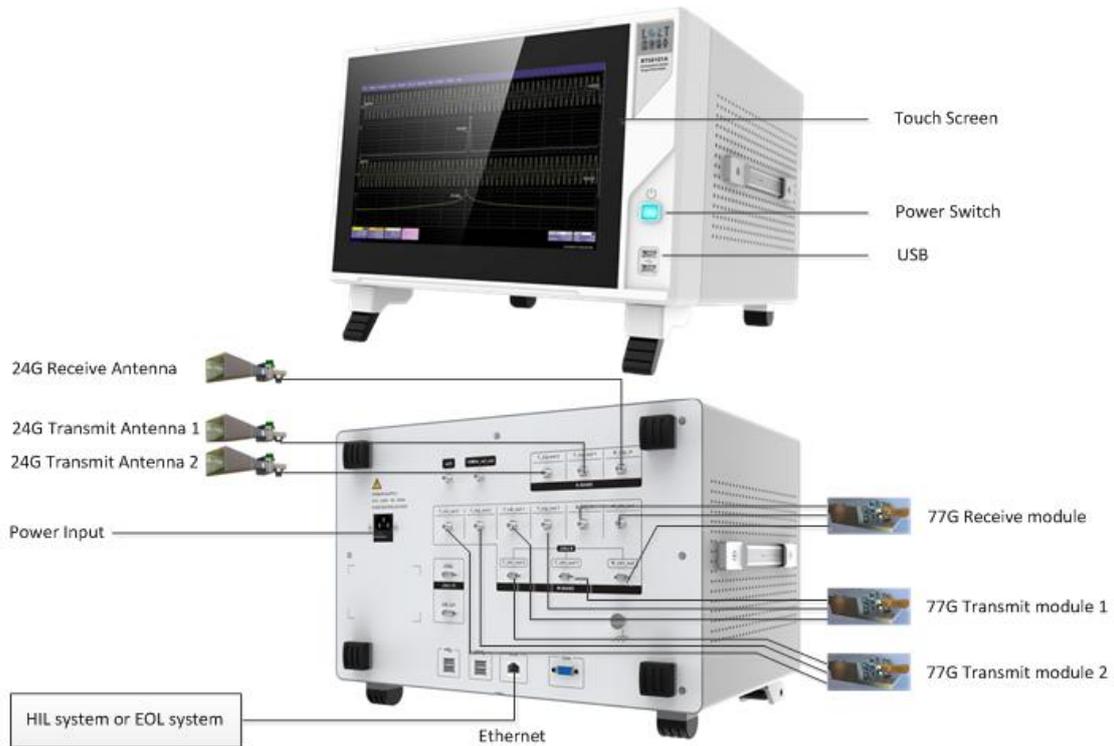


图 5 RTS8102A 产品外观与对外接口

## 6.3 RTS8101C

- 通过交流 220v 直接给 RTS 设备供电。
  - RTS810x 产品可以 77GHz 一收二发模拟器。
  - 通过 RS485 串口与用户计算机连接，支持 API 函数调用。
- 完整配置的 RTS8101C 产品结构图如下。

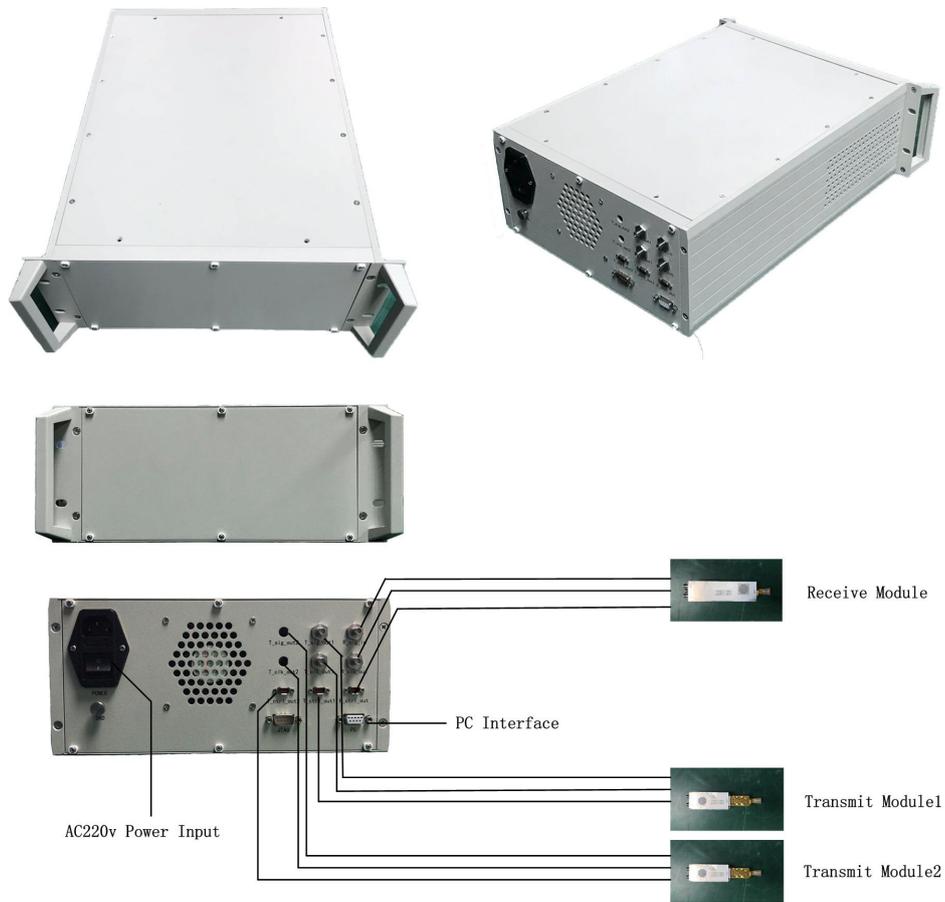


图 5 RTS8101C 产品外观与对外接口

## 7 数字型 RTS 应用软件

对于 RTS2601 设备,基于 QT 平台的 GUI 软件是运行在用户计算机上的,计算机通过串口连接来控制 RTS2601。对于 RTS2602 或 RTS8102 设备,软件直接在设备主机上运行。关于软件使用说的详细介绍见文档《汽车雷达目标模拟器使用说明》。

### 7.1 示波器功能

- 实时显示雷达发射信号的幅度-时间图。
- 实时显示雷达的 EIRP。

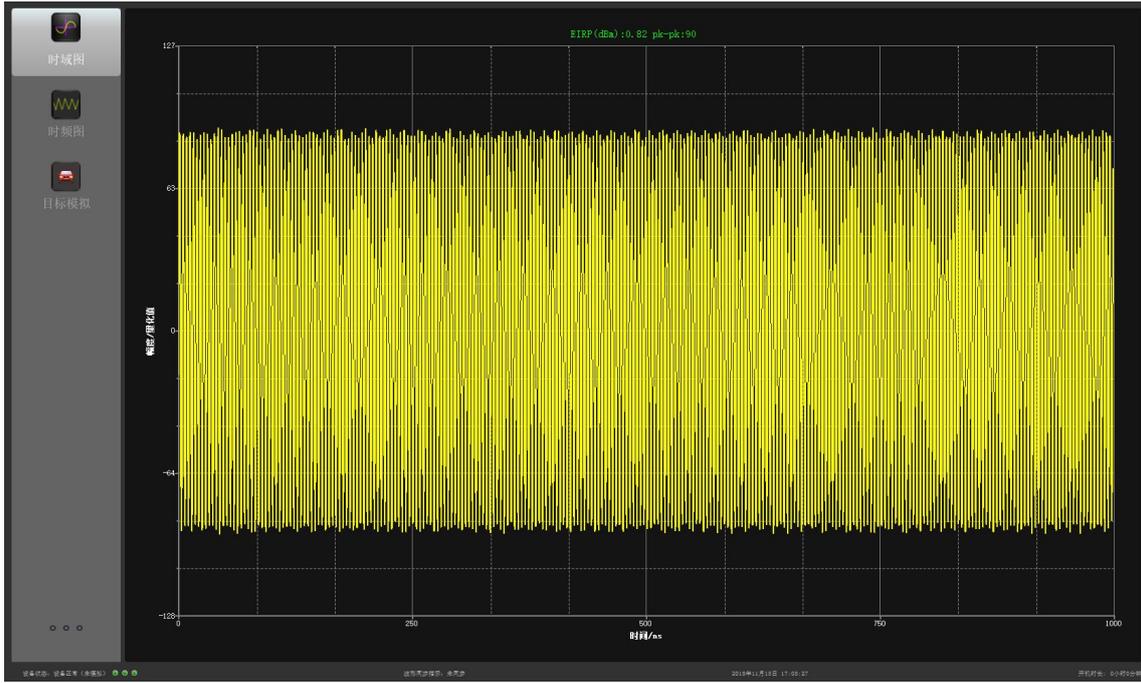


图 6 时域图界面

## 7.2 时频图功能

- 显示雷达发射信号的频率-时间图，一次最多显示 50000 点，最小时间分辨率 0.1 微秒。
- 测量并显示信号的时宽、周期、带宽。
- 时频波形数据存储、导出文件。
- 加载已经存储的时频波形数据文件，并显示波形。

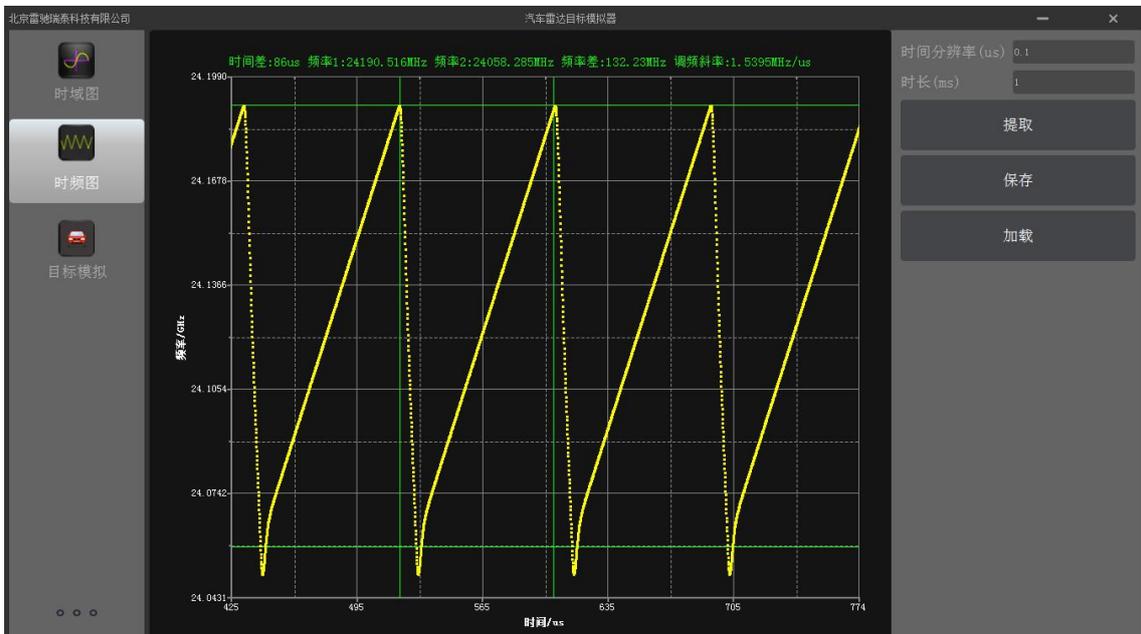


图 7 时频波形图

### 7.3 目标场景模拟功能

- 最多支持 5 个目标同时模拟。
- 支持标校目标，运动目标两种模式。
- 支持恒定幅度目标和目标幅度随距离衰减两种模式，第一种模式下用户可以控制发射衰减，第二种可以配置目标 RCS 大小。
- 支持单次模拟和循环模拟两种模式。
- 每个目标独立配置轨迹，起始距离、结束距离，起始速度、结束速度，RCS 大小。
- 对于 RTS2602、RTS8102 产品，每个目标独立配置起始角度、结束角度。
- 支持目标文件加载模式，可以让用户定义目标运行轨迹。
- 界面提供 2D 五车道场景模拟的实时动态演示效果。

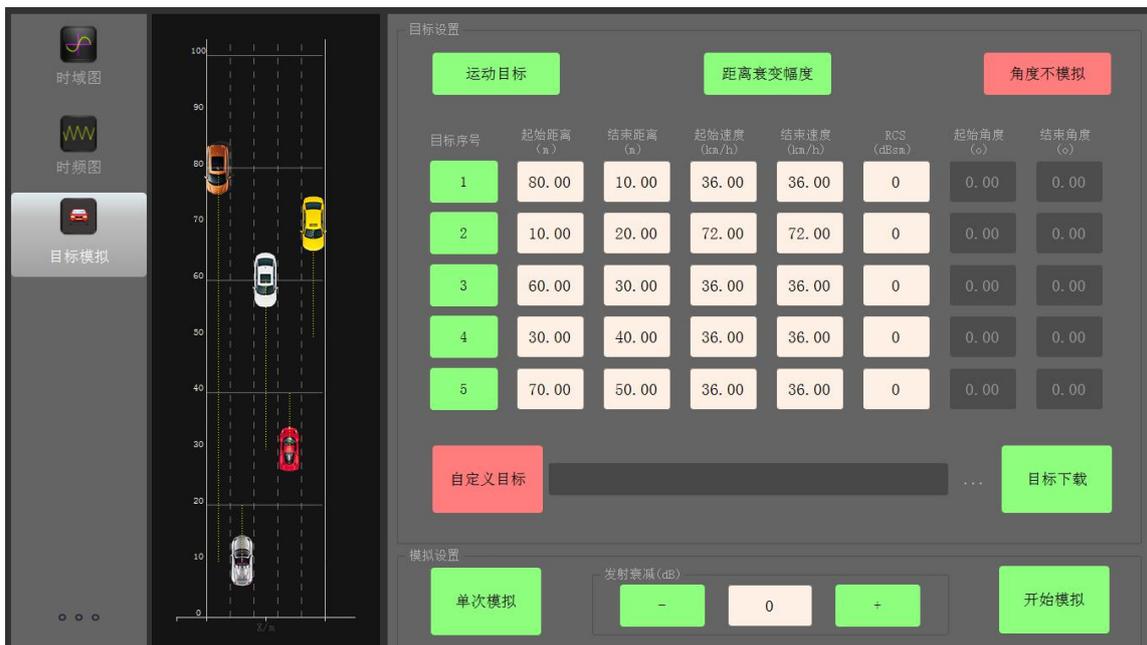


图 8 目标模拟设置软件

## 8 产品校准

模拟器出厂前已经通过频率和功率的校准。理论上可以长期满足雷达测试的应用，可以定期对模拟器的频率和功率进行检查，来决定是否需要校准。

## 9 售后服务

### 9.1 电话与远程支持

日常使用过程中出现的各种疑惑和问题，都可以与 LCRT 官网电话 400 电话进行联系。如有必要，可以通过网络提供远程技术服务。

### 9.2 维修服务

当 400 电话和远程技术无法解决设备问题，需要将设备邮寄回原厂进行维修处理。

## 10 订购指南

表 3 订购指南

型号	描述	备注
主机		
RTS2601	一收一发 24GHz 模拟器主机	包装箱为纸箱
RTS2601A	外置天线选件	包装箱为纸箱
RTS2602	一收两发 24GHz 模拟器主机	包装箱为纸箱
RTS8101A	一收一发 77GHz 模拟器主机	
RTS8101C	一收一发 77GHz 光纤延迟线型模拟器主机	
RTS8101-2601	一收一发 77GHz 和一收一发 24GHz 的模拟器主机	
RTS8102A	一收两发 77GHz 模拟器主机	
RTS8102-2602	一收两发 77GHz 和一收两发 24GHz 的模拟器主机	
包装箱		
RTS2601-BOX	RTS2601 产品专用包装箱	塑料
RTS810xA-BOX	RTS810xA(x=1,2)产品专用包装箱	铝合金
RTS8101C-BOX	RTS8101C 产品专用包装箱	塑料

## 关于雷驰瑞泰

北京雷驰瑞泰科技有限公司，简称雷驰瑞泰（LCRT），成立于 2016 年 12 月，公司专注于雷达目标模拟器产品的研发、生产和销售，以优质的产品服务于汽车电子、轨道交通、公路交通、军工电子四大领域。在汽车电子领域，我们具有全球领先的 24GHz 和 77GHz 全数字雷达目标模拟器，可以帮助雷达制造商、Tier1 企业、汽车主机厂进行雷达的研发、测试以及整车测试。在轨道交通领域，我们的产品是 24GHz 高铁、地铁测速雷达的回波模拟器，可以对列车测速雷达进行故障定位和指导维修。在公路交通领域，我们的产品是 24GHz 卡口测距、测速雷达回波模拟器。在军用电子领域，我们可以定制各种军用雷达的目标、杂波和干扰模拟器。

公司拥有以北京理工大学雷达与对抗技术研究所技术骨干为核心的研发团队，在技术工程服务方面，我们与电动车辆国家工程实验室上海通敏车辆检测技术有限公司联合成立“汽车 ADAS 智能测试实验室”，为无人驾驶、智能网联汽车提供测试技术服务。

## 联系我们

公司：北京雷驰瑞泰科技有限公司

地址：北京市海淀区中关村大街 18 号 B 座 9 层 909 室 593

网址：[www.lcrttech.com](http://www.lcrttech.com)

邮箱：[bitxuchengfa@126.com](mailto:bitxuchengfa@126.com)