



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113466807 B

(45) 授权公告日 2023. 10. 27

(21) 申请号 202110730550.9

CN 108471334 A, 2018.08.31

(22) 申请日 2021.06.30

CN 109217947 A, 2019.01.15

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 102955153 A, 2013.03.06

申请公布号 CN 113466807 A

AU 5234293 A, 1994.03.03

(43) 申请公布日 2021.10.01

CN 110045341 A, 2019.07.23

(73) 专利权人 西南电子技术研究所(中国电子科技集团公司第十研究所)

CN 111257655 A, 2020.06.09

CA 2554839 A1, 2005.08.26

CN 108833025 A, 2018.11.16

地址 610036 四川省成都市金牛区茶店子东街48号

孙志勇;姜秋喜;莫翠琼.基于多通道雷达的对侦察接收机截获距离压制设计.火力与指挥控制.2016, (06), 全文.

(72) 发明人 曾小东 高鹏程 芮锡 杨芸 方涛 陈海浪

郑传林,徐绵起,朱剑平.相控阵雷达系统低截获概率设计.空军雷达学院学报.2003, (01), 全文.

(74) 专利代理机构 成都九鼎天元知识产权代理有限公司 51214

曾小东.“雷达被截获距离的等效试验方法研究”.《电子技术应用》.2021, 第47卷(第3期), 第111-114页.

专利代理师 刘磊

审查员 梁策

(51) Int. Cl.

G01S 7/40 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 105758269 A, 2016.07.13

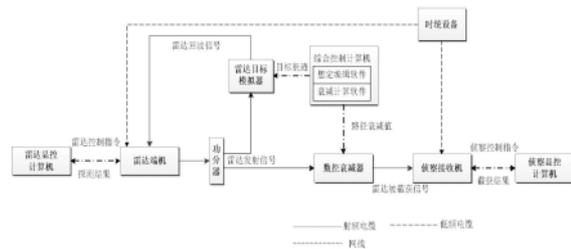
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

雷达临界被截获距离测试系统

(57) 摘要

本发明公开的一种雷达临界被截获距离测试系统,操作方便、试验成本低、测试数据全面。本发明通过下述技术方案实现:雷达端机响应雷达控制指令并发射雷达信号,经功分器分为两路,一路雷达发射信号送至雷达目标模拟器,产生雷达回波信号送至雷达端机进行目标参数解算,并将探测结果实时传递给雷达显控计算机;另一路雷达发射信号送至数控衰减器,对接收的雷达发射信号进行衰减调节,衰减后的雷达被截获信号经射频电缆送至侦察接收机,对接收到的雷达被截获信号进行截获参数测量,将截获结果实时传递给侦察显控计算机,查找临界时刻下的雷达目标的位置,根据雷达端机的位置,计算临界时刻下的雷达端机与雷达目标的距离,得到雷达临界被截获距离。



CN 113466807 B

1. 一种雷达临界被截获距离测试系统,包括:通过网线连接雷达端机的雷达显控计算机,通过网线连接侦察接收机的侦察显控计算机,通过网线连接雷达目标模拟器和数控衰减器的综合控制计算机,通过射频电缆连接功分器和侦察接收机的数控衰减器,通过射频电缆连接功分器和雷达端机的雷达目标模拟器,通过低频电缆为雷达端机和侦察接收机提供时间统一信号的时统设备,其特征在于:在雷达临界被截获距离测试中,雷达显控计算机通过网线发送雷达控制指令至雷达端机,雷达端机响应雷达控制指令并发射雷达信号,雷达信号经功分器分为两路,一路雷达发射信号送至雷达目标模拟器,雷达目标模拟器根据综合控制计算机内置的想定编辑软件下发的目标航迹,对接收的雷达发射信号进行衰减、延时操作,产生雷达回波信号送至雷达端机,雷达端机对接收的雷达回波信号进行目标参数解算,并将探测结果实时传递给雷达显控计算机,雷达端机同时根据雷达发射功率控制策略对雷达发射信号功率进行实时调节;另一路雷达发射信号送至数控衰减器,数控衰减器响应综合控制计算机内置的衰减计算软件下发的路径衰减值,对接收的雷达发射信号进行衰减调节,模拟雷达信号在传播中的路径衰减,衰减后的雷达被截获信号经射频电缆送至侦察接收机,侦察接收机响应侦察控制指令,对接收到的雷达被截获信号进行截获参数测量,并将测量得到的截获结果实时传递给侦察显控计算机;想定执行完成后,找出临界时刻,查找该临界时刻下的雷达目标的位置,侦察显控计算机根据雷达端机的位置,计算临界时刻下的雷达端机与雷达目标的距离,得到雷达临界被截获距离。

2. 如权利要求1所述的雷达临界被截获距离测试系统,其特征在于:在测试前,搭建测试环境、配置设备工作参数和编辑场景想定。

3. 如权利要求2所述的雷达临界被截获距离测试系统,其特征在于:搭建测试环境包括:雷达显控计算机通过网线连接雷达端机,用于下发雷达控制指令和接收雷达探测结果信息;雷达端机通过射频电缆连接功分器,功分器分别与雷达目标模拟器和数控衰减器连接,用于传递雷达发射信号;雷达目标模拟器通过射频电缆连接雷达端机,用于传递雷达回波信号;综合控制计算机通过网线连接雷达目标模拟器,用于传递目标航迹;综合控制计算机通过网线连接数控衰减器,用于传递路径衰减值;数控衰减器通过射频电缆与侦察接收机连接,用于传递雷达被截获信号;侦察显控计算机通过网线连接侦察接收机,用于下发侦察控制指令和接收雷达被截获结果信息;时统设备通过低频电缆分别连接雷达端机和侦察接收机,用于传递时间统一信号。

4. 如权利要求2所述的雷达临界被截获距离测试系统,其特征在于:配置设备工作参数包括:通过雷达显控计算机配置雷达端机工作参数,雷达端机工作参数包括:雷达信号频率、雷达信号带宽、雷达信号波形、雷达信号功率参数;通过侦察显控计算机配置侦察接收机工作参数,侦察接收机工作参数包括:信号频段和信号门限参数。

5. 如权利要求2所述的雷达临界被截获距离测试系统,其特征在于:编辑场景想定包括:雷达端机初始位置、结束位置、速度设置,雷达目标初始位置、结束位置、速度设置和天气设置,其中,雷达端机及雷达目标的初始、结束位置包括经度、纬度和高度,雷达端机与雷达目标的运动方向为相向运动,天气信息包括晴天、雨天和雾天。

6. 如权利要求1所述的雷达临界被截获距离测试系统,其特征在于:想定编辑软件实时计算雷达目标与雷达端机的相对距离、相对速度,连同设置的雷达反射截面积下发给雷达目标模拟器,并且想定编辑下的雷达端机与雷达目标的初始距离大于雷达对目标的最大探

测距离,也要大于侦察接收机对雷达端机的最大截获距离。

7.如权利要求1所述的雷达临界被截获距离测试系统,其特征在于:测试环境的搭建、设备工作参数的配置和场景想定的编辑完成之后,按以下步骤进行测试:

综合控制计算机下发目标航迹,开始测试,雷达显控计算机通过网线发送雷达控制指令至雷达端机,雷达端机响应雷达控制指令并发射雷达信号,雷达信号经功分器分为两路,一路雷达发射信号送至雷达目标模拟器,雷达目标模拟器根据综合控制计算机内置的想定编辑软件下发的目标航迹,对接收的雷达发射信号进行衰减、延时操作,产生雷达回波信号送至雷达端机,雷达端机对接收的雷达回波信号进行目标参数解算,并将探测结果实时传递给雷达显控计算机,雷达端机同时根据雷达发射功率控制策略对雷达发射信号功率进行实时调节;另一路雷达发射信号送至数控衰减器,数控衰减器响应综合控制计算机内置的衰减计算软件下发的路径衰减值,对接收的雷达发射信号进行衰减调节,模拟雷达信号在传播中的路径衰减,衰减后的雷达被截获信号经射频电缆送至侦察接收机,侦察接收机响应侦察控制指令,对接收到的雷达被截获信号进行截获参数测量,并将测量得到的截获结果实时传递给侦察显控计算机。

8.如权利要求1所述的雷达临界被截获距离测试系统,其特征在于:在测试过程中,时统设备通过低频电缆为雷达端机和侦察接收机提供时间统一信号,测试结束后对测试数据进行事后分析,找出雷达端机能完成对雷达目标的探测和侦察接收机能够截获雷达信号,以及雷达端机能完成对雷达目标的探测和侦察接收机不能截获雷达信号的临界时刻,然后查找该临界时刻下的雷达目标的位置,根据雷达端机的位置计算临界时刻下的雷达端机与雷达目标的距离,作为雷达临界被截获距离;设计不同的目标航迹,多次重复测量雷达临界被截获距离,取其平均值为最终雷达临界被截获距离,作为最终测试结果。

9.如权利要求1所述的雷达临界被截获距离测试系统,其特征在于:基于雷达端机接收到的回波信号功率进行功率控制;

首先,建立雷达发射信号功率和雷达回波信号功率的关系式:

$$P_t + G_t - 40 \cdot \lg(R_D) - 20 \cdot \lg(f) + 10 \cdot \lg\left(\frac{c^2}{64\pi^3}\right) + 10 \cdot \lg(\sigma) + G_r = P_r$$

其次,将发射功率的调整量  $\Delta P_t$  调整为:  $\Delta P_t = \lfloor (P_r - P_{r_{\min}}) / \Delta P \rfloor \cdot \Delta P$

其中:  $P_t$  为雷达发射信号功率;  $G_t$  为雷达发射天线增益;  $R_D$  为雷达探测距离;  $f$  为雷达信号中心频率;  $\sigma$  为雷达反射截面积;  $G_r$  为雷达接收天线增益;  $P_r$  为雷达回波信号功率,  $P_{r_{\min}}$  为雷达接收机灵敏度,  $\lfloor \cdot \rfloor$  表示下取整,  $\Delta P$  为功率控制步进。

10.如权利要求1所述的雷达临界被截获距离测试系统,其特征在于:综合控制计算机内置的衰减计算软件,根据雷达信号参数和想定编辑软件传递的雷达端机与雷达目标的实时距离、天气信息来计算雷达信号的路径衰减值  $L_p$ ,并将路径衰减值  $L_p$  下发给数控衰减器,场景想定编辑中天气信息分为晴天、雨天和雾天,气象衰减因子  $\gamma_s$  的值按场景想定编辑中的天气信息分别进行计算,根据雷达端机与雷达目标的实时距离  $R$ ,确定气象衰减  $L_s$ :  $L_s = \gamma_s \cdot R$ ,按以下公式确定路径衰减值  $L_p$ :  $L_p = 32.4 + 20 \cdot \lg(f) + 20 \cdot \lg(R) + L_s$

其中,  $R$  为雷达端机与雷达目标的实时距离。

## 雷达临界被截获距离测试系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于评估雷达设备低截获概率性能的雷达临界被截获距离的测试系统。

### 背景技术

[0002] 雷达一般采用低副瓣天线、不规则的天线扫描方向图、精确的功率控制、极高的雷达接收机灵敏度、高处理增益、相干检测实现低截获,这种类型的雷达称为低截获概率(Low Probability of Intercept,LPI)雷达。LPI雷达信号要被侦察接收机检测到,需要达到一定的输出信噪比。由于大多数雷达采用射频脉冲信号,在一般情况下,侦察接收机对这些信号处于非匹配接收和处理状态,只能对瞬时接收带宽内的所有信号都进行包络检波和门限检测,当包络信号超过给定门限时判别为有信号,并进行相应的信号参数测量。有些侦察系统前端具有对同时多信号的检测、测量能力,对于发生在重合窗内的多信号,可以同时、准确地测量和分辨。也有些侦察系统前端没有对同时多信号的检测、测量能力,当重合窗内存在多信号时,会造成丢失或测量错误。各雷达信号的重合概率不仅受信号环境中辐射源数量和工作比的影响,而且会受到自身脉宽的影响,脉宽越大的雷达信号,发生重合的概率越大,而环境中辐射源数量越多,工作比越大,造成重合的概率也越大。如果在带内存在连续波雷达,则必然发生重合。采用常规侦察技术的接收机不能有效地截获和识别LPI雷达。LPI雷达采用复杂波形将导致雷达告警接收机和常规电子支援系统只能在非常近的距离范围内探测到LPI雷达。这时,雷达告警接收机和常规电子支援系统的截获距离大大小于LPI雷达的探测距离。

[0003] 当雷达的最大探测距离大于侦察接收机的最大截获距离时,雷达具有一定的LPI性能。因此,雷达是否具有LPI特性与侦察接收机的类型相关,也就是说过去具有LPI性能的雷达面对新一代的侦察接收机就不一定是LPI雷达,而要对抗新一代的侦察接收机,雷达需要更多的新理论和新技术来改善其LPI性能。雷达采用大时宽带宽积信号可使侦察接收机带宽与之失配,等效地降低了侦察接收机灵敏度,而雷达接收机带宽能够与发射信号带宽匹配,输出最大信噪比,从而提高雷达的LPI性能。同时,精确的功率控制是LPI雷达的主要特征。功率控制是指雷达在锁定目标后,降低其发射功率,使得雷达接收机的接收信号电平始终保持最小值。随着雷达载机与目标载机间距离的减小,雷达维持目标探测所需的功率也随之减少,同时目标载机上的侦察接收机截获雷达信号所需的功率也随之减少。在雷达与侦察接收机的某一相对距离 $R$ 处,雷达探测到侦察接收机所需的最小发射功率等于侦察接收机截获雷达所需的最小发射功率,对应的最小发射功率称为临界功率。对应的距离 $R$ 称为临界距离,即雷达临界被截获距离。在雷达临界被截获距离以内,雷达可以发现目标,但不被侦察接收机截获。

[0004] 雷达临界被截获距离是雷达低截获状态下的最大探测距离。作为衡量雷达不被截获状态下探测距离的指标,雷达临界被截获距离越大越好。分析雷达临界被截获距离的公式可以得出,雷达临界被截获距离与雷达反射截面积、侦察接收机灵敏度和雷达接收机灵

敏度三个参数相关,其中雷达反射截面积是与目标载机散射性能相关的一个参数。从雷达和侦察对抗双方来看,增大雷达临界被截获距离可从以下两个方面考虑:

[0005] (1)增大雷达接收机灵敏度,主要有以下方法,一是尽可能降低雷达接收机噪声系数;二是雷达接收机选用最佳带宽;三是在满足系统性能要求的前提下,尽可能减小识别因子,常用的方法是脉冲积累。

[0006] (2)降低侦察接收机灵敏度,有两类措施可以实现,一是雷达采用大时宽带宽积信号,这样可以迫使侦察接收机增大信道带宽,等效地降低了侦察接收机灵敏度;二是对目标载机实施干扰,干扰信号进入侦察接收机里,可以降低其接收信号的信噪比,使有用信号淹没于噪声以下,同样可以等效地降低侦察接收机灵敏度。

[0007] 对雷达临界被截获距离的测试研究非常必要。然而,雷达在对抗特定的侦察系统时,临界被截获距离难以直接测试。国内对雷达临界被截获距离的研究也主要集中在,将其作为雷达LPI性能的一个衡量指标进行理论分析和仿真验证,而对雷达临界被截获距离有效的测试方法为外场试飞法,外场试飞法需配备雷达载机、目标机和侦察载机,需进行复杂的航线设计,为了保证测试结果的准确性,亦需进行多次重复试验,测试方法复杂且测试成本较高。

## 发明内容

[0008] 本发明的目的是针对目前雷达临界被截获距离测试方法复杂且测试成本高的问题,提供一种操作方便、试验成本低、数据测试全面的雷达临界被截获距离测试系统。

[0009] 本发明的上述目的可以通过以下技术方案予以实现:一种雷达临界被截获距离测试系统,包括:通过网线连接雷达端机的雷达显控计算机,通过网线连接侦察接收机的侦察显控计算机,通过网线连接雷达目标模拟器和数控衰减器的综合控制计算机,通过射频电缆连接功分器和侦察接收机的数控衰减器,通过射频电缆连接功分器和雷达端机的雷达目标模拟器,通过低频电缆为雷达端机和侦察接收机提供时间统一信号的时统设备,其特征在于:在雷达临界被截获距离测试中,雷达显控计算机通过网线发送雷达控制指令至雷达端机,雷达端机响应雷达控制指令并发射雷达信号,雷达信号经功分器分为两路,一路雷达发射信号送至雷达目标模拟器,雷达目标模拟器根据综合控制计算机内置的想定编辑软件下发的目标航迹,对接收的雷达发射信号进行衰减、延时操作,产生雷达回波信号送至雷达端机,雷达端机对接收的雷达回波信号进行目标参数解算,并将探测结果实时传递给雷达显控计算机,雷达端机同时根据雷达发射功率控制策略对雷达发射信号功率进行实时调节;另一路雷达发射信号送至数控衰减器,数控衰减器响应综合控制计算机内置的衰减计算软件下发的路径衰减值,对接收的雷达发射信号进行衰减调节,模拟雷达信号在传播中的路径衰减,衰减后的雷达被截获信号经射频电缆送至侦察接收机,侦察接收机响应侦察控制指令,对接收到的雷达被截获信号进行截获参数测量,并将测量得到的截获结果实时传递给侦察显控计算机;想定执行完成后,找出临界时刻,查找该临界时刻下的雷达目标的位置,侦察显控计算机根据雷达端机的位置,计算临界时刻下的雷达端机与雷达目标的距离,得到雷达临界被截获距离。

[0010] 本发明相比于现有技术具有如下有益效果:

[0011] 操作方便。本发明首先进行测试环境搭建,之后通过雷达显控计算机、综合控制计

算机和侦察显控计算机对雷达端机、雷达目标模拟器、数控衰减器和侦察接收机进行参数配置;然后通过雷达端机和雷达目标模拟器测量在想定场景下的雷达端机对模拟雷达目标的探测状态,通过雷达端机、数控衰减器和侦察接收机测量在想定场景下的侦察接收机对雷达端机的截获状态;最后当雷达端机能对模拟雷达目标完成探测任务而侦察接收机无法对雷达端机进行截获时,此时的雷达端机与雷达目标模拟器的距离即为雷达临界被截获距离。与外场试飞法相比,本发明的测试方法操作方便,可实施性强。

[0012] 试验成本低。本发明采用雷达显控计算机、综合控制计算机和侦察显控计算机、雷达端机、雷达目标模拟器、数控衰减器和侦察接收机组成的雷达临界被截获距离测试系统,在实验室桌面场景下,进行雷达临界被截获距离测试。试验成本仅为综合控制计算机内置的想定编辑软件和衰减计算软件的软件开发费用以及雷达端机、雷达目标模拟器、侦察接收机、时统设备等仪器设备的使用费。而外场试飞法耗资甚巨,且需多个单位和部门协作完成,并且还需要多次重复飞行试验。与外场试飞法相比,本发明的测试方法试验成本低,能大量节省人力、物力和财力。

[0013] 数据测试全面。本发明采用雷达显控计算机通过网线发送雷达控制指令至雷达端机,雷达端机响应雷达控制指令并发射雷达信号,雷达目标模拟器根据综合控制计算机内置的想定编辑软件下发的目标航迹对接收的雷达发射信号进行衰减、延时操作,数控衰减器响应综合控制计算机内置的衰减计算软件下发的路径衰减值对接收的雷达发射信号进行衰减调节。对雷达端机、雷达目标模拟器和数控衰减器进行参数设置,可以遍历雷达不同的工作模式及工作参数,得到雷达系统全面的测试数据。与仿真计算雷达临界被截获距离的方法相比,雷达临界被截获距离的测试对象为真实的雷达端机,测试场景更加真实,测量数据可靠。

## 附图说明

[0014] 下面结合附图和实例对本发明做进一步说明。

[0015] 图1是本发明雷达临界被截获距离测试系统的原理框图。

[0016] 图2是本发明的测试流程图。

## 具体实施方式

[0017] 参阅图1。在以下描述的优选实施例中,一种雷达临界被截获距离测试系统,包括:通过网线连接雷达端机的雷达显控计算机,通过网线连接侦察接收机的侦察显控计算机,通过网线连接雷达目标模拟器和数控衰减器的综合控制计算机,通过射频电缆连接功分器和侦察接收机的数控衰减器,通过射频电缆连接功分器和雷达端机的雷达目标模拟器,通过低频电缆为雷达端机和侦察接收机提供时间统一信号的时统设备。在雷达临界被截获距离测试中:雷达显控计算机通过网线发送雷达控制指令至雷达端机,雷达端机响应雷达控制指令并发射雷达信号,雷达信号经功分器分为两路,一路雷达发射信号送至雷达目标模拟器,雷达目标模拟器根据综合控制计算机内置的想定编辑软件下发的目标航迹,对接收的雷达发射信号进行衰减、延时操作,产生雷达回波信号送至雷达端机,雷达端机对接收的雷达回波信号进行目标参数解算,并将探测结果实时传递给雷达显控计算机,雷达端机同时根据雷达发射功率控制策略对雷达发射信号功率进行实时调节;另一路雷达发射信号送

至数控衰减器,数控衰减器响应综合控制计算机内置的衰减计算软件下发的路径衰减值,对接收的雷达发射信号进行衰减调节,模拟雷达信号在传播中的路径衰减,衰减后的雷达被截获信号经射频电缆送至侦察接收机,侦察接收机响应侦察控制指令,对接收到的雷达被截获信号进行截获参数测量,并将测量得到的截获结果实时传递给侦察显控计算机。想定执行完成后,找出临界时刻,查找该临界时刻下的雷达目标的位置,侦察显控计算机根据雷达端机的位置,计算临界时刻下的雷达端机与雷达目标的距离,得到雷达临界被截获距离。

[0018] 在测试前,需搭建测试环境、配置设备工作参数和编辑场景想定。

[0019] 搭建测试环境包括:雷达显控计算机通过网线连接雷达端机,用于下发雷达控制指令和接收雷达探测结果信息;雷达端机通过射频电缆,经过功分器,分别与雷达目标模拟器和数控衰减器连接,用于传递雷达发射信号;雷达目标模拟器通过射频电缆与雷达端机连接,用于传递雷达回波信号;数控衰减器通过射频电缆与侦察接收机连接,用于传递雷达被截获信号;

[0020] 侦察显控计算机通过网线连接侦察接收机,用于下发侦察控制指令和接收雷达被截获结果信息;综合控制计算机通过网线与雷达目标模拟器连接,用于传递雷达目标航迹;综合控制计算机通过网线与数控衰减器连接,用于传递路径衰减值;时统设备通过低频电缆连接雷达端机和侦察接收机,用于传递时间统一信号。

[0021] 配置设备工作参数包括:通过雷达显控计算机配置雷达端机工作参数,雷达端机工作参数包括雷达信号频率、雷达信号带宽、雷达信号波形、雷达信号功率参数;通过侦察显控计算机配置侦察接收机工作参数,侦察接收机工作参数包括信号频段和信号门限参数。

[0022] 编辑场景想定包括:雷达端机初始位置、结束位置、速度设置,雷达目标初始位置、结束位置、速度设置和天气设置,雷达端机及雷达目标的初始、结束位置包括经度、纬度和高度,雷达端机与雷达目标的运动方向为相向运动,天气信息包括晴天、雨天和雾天。想定编辑软件实时计算雷达目标与雷达端机的相对距离、相对速度,连同设置的雷达反射截面下发给雷达目标模拟器。想定编辑下的雷达端机与雷达目标的初始距离要大于雷达对目标的最大探测距离,也要大于侦察接收机对雷达端机的最大截获距离。

[0023] 测试环境的搭建、设备工作参数的配置和场景想定的编辑完成之后,按以下步骤进行测试:

[0024] 综合控制计算机下发目标航迹,开始测试。雷达显控计算机通过网线发送雷达控制指令至雷达端机,雷达端机响应雷达控制指令并发射雷达信号,雷达信号经功分器分为两路,一路雷达发射信号送至雷达目标模拟器,雷达目标模拟器根据综合控制计算机内置的想定编辑软件下发的目标航迹,对接收的雷达发射信号进行衰减、延时操作,产生雷达回波信号送至雷达端机,雷达端机对接收的雷达回波信号进行目标参数解算,并将探测结果实时传递给雷达显控计算机,雷达端机同时根据雷达发射功率控制策略对雷达发射信号功率进行实时调节;另一路雷达发射信号送至数控衰减器,数控衰减器响应综合控制计算机内置的衰减计算软件下发的路径衰减值,对接收的雷达发射信号进行衰减调节,模拟雷达信号在传播中的路径衰减,衰减后的雷达被截获信号经射频电缆送至侦察接收机,侦察接收机响应侦察控制指令,对接收到的雷达被截获信号进行截获参数测量,并将测量得到的

截获结果实时传递给侦察显控计算机。在场景想定执行完毕后,综合控制计算机对雷达端机的探测数据和侦察接收机的截获数据进行事后分析,得到当前想定下的雷达临界被截获距离。

[0025] 在测试过程中,模拟雷达目标与雷达端机的距离逐渐减小,而根据雷达功率控制策略,雷达发射信号也逐渐减小,同时综合控制计算机内置的衰减计算软件,控制数控衰减器的路径衰减值也同步减小。想定编辑软件制定的整个想定过程可分为四个阶段,第一阶段,雷达端机无法完成对雷达目标的探测,同时侦察接收机也无法截获雷达信号;第二阶段,雷达端机无法完成对雷达目标的探测,同时侦察接收机开始截获雷达信号;第三阶段,雷达端机能完成对雷达目标的探测,同时侦察接收机能够截获雷达信号;第四阶段,雷达端机能完成对雷达目标的探测,同时侦察接收机不能截获雷达信号。

[0026] 在测试过程中,时统设备通过低频电缆为雷达端机和侦察接收机提供时间统一信号,测试结束后对测试数据进行事后分析,找出第三阶段雷达端机能完成对雷达目标的探测和侦察接收机能够截获雷达信号和第四阶段雷达端机能完成对雷达目标的探测和侦察接收机不能截获雷达信号的临界时刻,然后查找该临界时刻下的雷达目标的位置,根据雷达端机的位置计算临界时刻下的雷达端机与雷达目标的距离,作为为雷达临界被截获距离;设计不同的目标航迹,多次重复测量雷达临界被截获距离,取其平均值为最终雷达临界被截获距离,作为最终测试结果。

[0027] 雷达的功率控制策略按以下步骤进行:

[0028] 雷达作为自闭环的射频系统,采用基于雷达端机接收到的回波信号功率进行功率控制。

[0029] 首先,建立雷达发射信号功率和雷达回波信号功率的关系式:

$$[0030] \quad P_t + G_t - 40 \cdot \lg(R_D) - 20 \cdot \lg(f) + 10 \cdot \lg\left(\frac{c^2}{64\pi^3}\right) + 10 \cdot \lg(\sigma) + G_r = P_r$$

[0031] 其次,将发射功率的调整量  $\Delta P_t$  调整为:  $\Delta P_t = \lfloor (P_r - P_{r_{\min}}) / \Delta P \rfloor \cdot \Delta P$

[0032] 其中:  $P_t$  为雷达发射信号功率;  $G_t$  为雷达发射天线增益;  $R_D$  为雷达探测距离;  $f$  为雷达信号中心频率;  $\sigma$  为雷达反射截面积;  $G_r$  为雷达接收天线增益;  $P_r$  为雷达回波信号功率,  $P_{r_{\min}}$  为雷达接收机灵敏度,  $\lfloor \cdot \rfloor$  表示下取整,  $\Delta P$  为功率控制步进。

[0033] 数控衰减器的路径衰减值计算按以下步骤进行:

[0034] 综合控制计算机内置的衰减计算软件,根据雷达信号参数和想定编辑软件传递的雷达端机与雷达目标的实时距离、天气信息来计算雷达信号的路径衰减值  $L_p$ ,并将路径衰减值  $L_p$  下发给数控衰减器,场景想定编辑中天气信息分为晴天、雨天和雾天,气象衰减因子  $\gamma_s$  的值按场景想定编辑中的天气信息分别进行计算,根据雷达端机与雷达目标的实时距离  $R$ ,确定气象衰减  $L_s$ :  $L_s = \gamma_s \cdot R$ ,按以下公式确定路径衰减值  $L_p$ :  $L_p = 32.4 + 20 \cdot \lg(f) + 20 \cdot \lg(R) + L_s$  其中,  $R$  为雷达端机与雷达目标的实时距离。

[0035] 在晴天时,气象衰减因子  $\gamma_s$  计算公式为  $\gamma_s = \gamma_o + \gamma_v$ ;在雨天时,没有明确的计算模型及公式,采用数据库查表的方式获取气象衰减因子  $\gamma_s$ ,若输入参数在数据库中未包含,则采用插值法确定气象衰减因子  $\gamma_s$ ;在雾天时,雾的类型包括大雾、中雾和小雾。雾天环境下,同样没有明确的计算模型及公式,采用数据库查表的方式获取气象衰减因子  $\gamma_s$ ,

若输入参数在数据库中未包含,则采用插值法确定气象衰减因子 $\gamma_s$ 。其中, $\gamma_o$ 和 $\gamma_v$ 分别代表晴天时空气中的氧气和水汽的吸收衰减率。

[0036] 参阅图2。一种雷达临界被截获距离测试方法,主要包括以下步骤:首先,进行搭建测试环境、配置设备工作参数和编辑场景想定的三项准备工作。搭建测试环境是将雷达显控计算机、雷达端机、功分器、雷达目标模拟器、数控衰减器、侦察接收机、侦察显控计算机、综合控制计算机和时统设备通过射频电缆、网线和低频电缆进行连接。配置设备工作参数是指对雷达端机、侦察接收机进行工作参数设置。编辑场景想定是指通过综合控制计算机内置的想定编辑软件进行雷达探测目标和侦察接收机截获雷达信号的场景设计。然后,通过综合控制计算机下发目标航迹,开始执行场景想定。雷达端机对模拟雷达目标进行探测,并根据雷达发射功率控制策略实时调整发射功率;综合控制计算机内置的衰减计算软件根据想定编辑软件的场景实时计算雷达发射信号路径衰减值并下发至数控衰减器,同时侦察接收机对雷达信号进行截获。场景想定执行过程中,经历四个阶段:一是雷达无法探测到模拟目标,同时侦察接收机无法截获雷达信号;二是雷达无法探测到模拟目标,同时侦察接收机截获雷达信号;三是雷达能探测到模拟目标,同时侦察接收机截获雷达信号;四是雷达能探测到模拟目标,同时侦察接收机无法截获雷达信号。最后,在场景想定执行完毕后,综合控制计算机对雷达端机的探测数据和侦察接收机的截获数据进行事后分析,得到当前想定下的雷达临界被截获距离;重复以上步骤,多次进行测试,取平均值作为最终测试结果。

[0037] 以上所述仅是实现一种多通道高频数字信号同步处理装置的优选实施方案,应当理解本发明并非局限于本文所披露的形式,不应看作是对其他实施例的排除,而可用于各种其他组合、修改和环境,并能够在本文所述构想范围内,通过上述教导或相关领域的技术或知识进行改动。而本领域人员所进行的改动和变化不脱离本发明的精神和范围,则都应在本发明所附权利要求的保护范围内。

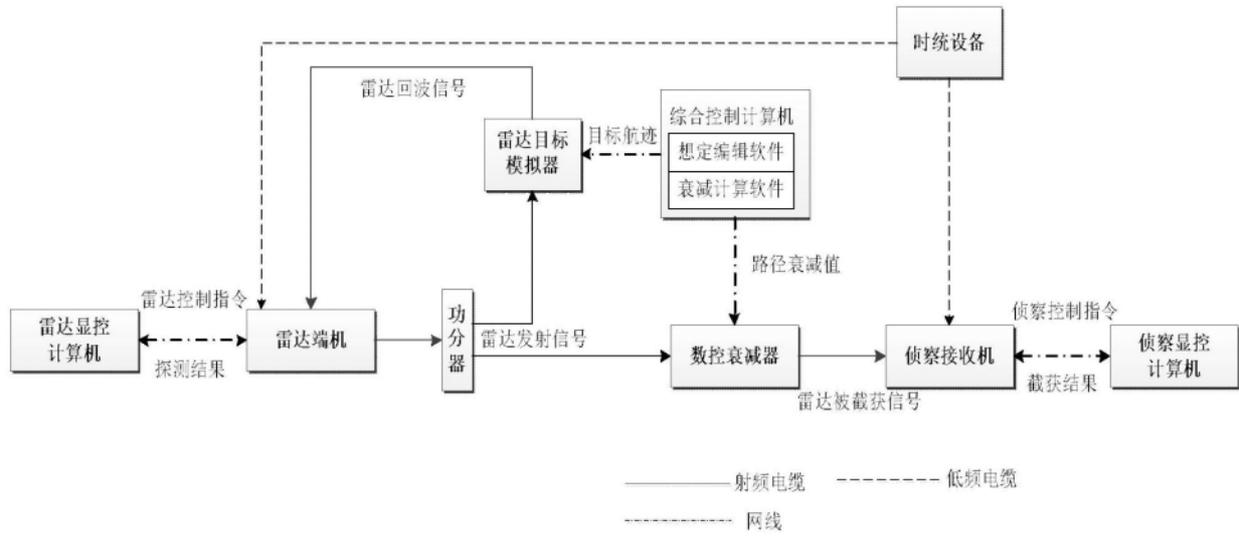


图1

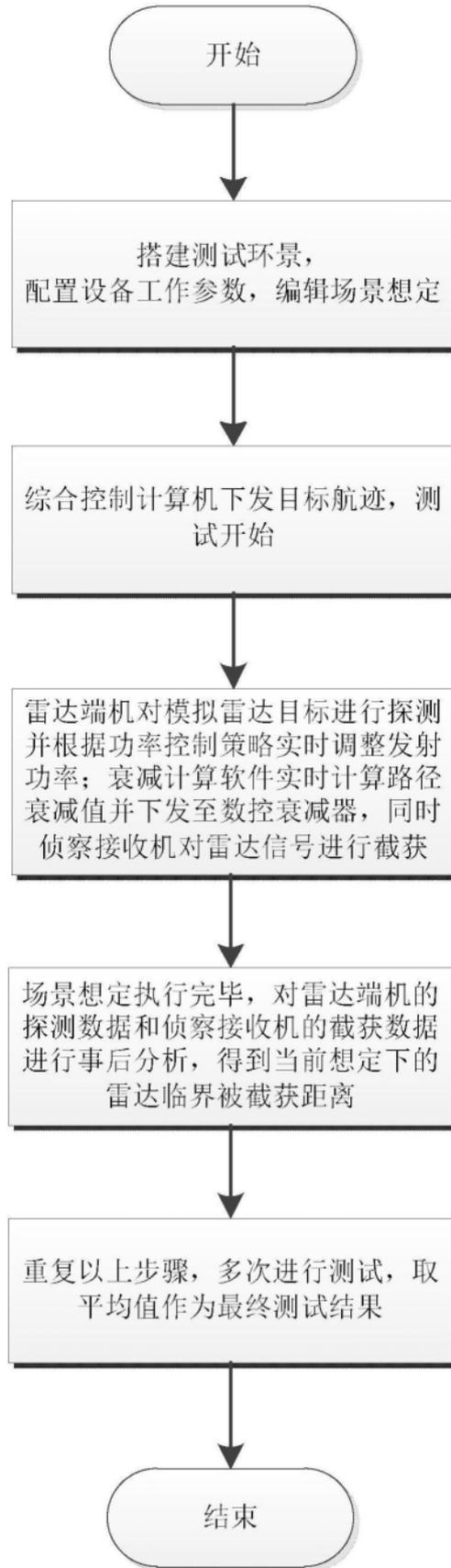


图2