

doi: 10.7690/bgzdh.2019.12.019

雷达仿真训练想定态势生成系统

张国兵, 齐兆龙

(中国人民解放军 91336 部队, 河北 秦皇岛 066326)

摘要: 为了提供全方位、全要素和全流程的实战化训练环境, 设计一种雷达仿真训练想定态势生成系统。分析雷达装备面临复杂战场环境的特性及特征等相关要素, 依循一定的构设原则, 构建贴近实战的雷达探测环境, 根据想定数据和想定生成过程, 对雷达模拟训练的功能结构、系统流程和关键技术等进行设计与实现, 并通过训练中不同模式进行应用证明。应用结果验证了该系统在雷达仿真训练中效果良好。

关键词: 雷达仿真; 想定态势; 仿真训练; 数据库; 关键技术

中图分类号: TP393.09 **文献标志码:** A

System of Scenario Situation Generation for Radar Simulation Training

Zhang Guobing, Qi Zhaolong

(No. 91336 Unit of PLA, Qinhuangdao 066326, China)

Abstract: In order to provide an all-round, all-factor and all-process combat training environment, a radar simulation training scenario generation system is designed. This paper analyses the characteristics and characteristics of radar equipment facing complex battlefield environment, constructs a radar detection environment close to actual combat according to certain construction principles, designs and realizes the functional structure, system flow and key technologies of radar simulation training according to the scenario data and the scenario generation process, and proves the application of different modes in training. The application results show that the system works well in radar simulation training.

Keywords: radar simulation; scenario situation; simulation training; database; key techniques

0 引言

为了提高我军在未来信息战中制胜能力, 各军兵种构建了不同类型、不同层次、不同规模的实战化训练体系, 全方位、全要素和全流程地锤炼我军官兵的实战技能。尤其是近几年来, 随着我军复杂作战环境下军事训练的全面开展和不断深化, 内场仿真训练以其成本低、可重复利用率高、训练效果显著等优势得到军方的重视和广大官兵的青睐, 各种专业、层次和规模的仿真训练系统层出不穷, 并取得不可忽视的军事效益^[1]。

笔者针对复杂电磁环境下雷达模拟训练, 围绕雷达装备面临复杂战场环境的特性和特征等相关要素, 对构建逼真、贴近实战的复杂作战环境进行深入研究, 并设计实现了贴近实战、使用灵活、针对性强的雷达模拟训练想定态势生成系统。

1 雷达面临的战场复杂环境

雷达在现代战场上面临着复杂电磁环境下的多种威胁, 其中综合电子干扰、反辐射导弹、低空/超低空突防、隐身技术等电子对抗技术, 对雷达的生存威胁已迫在眉睫。此外还有战场自然环境对雷

达的影响和威胁^[2]: 1) 自然环境。就是影响雷达探测的大自然环境, 主要包括地物杂波、海杂波、气象杂波, 以及山林、鸟群等杂波, 甚至宇宙射线和雷电干扰信号。2) 多目标环境。主要是指战场空间内存在的各种作战平台以及其他物体目标。3) 人为干扰环境。主要指人为破坏或削弱雷达对目标正常探测和跟踪能力的电磁手段和方法, 主要包括敌方实施的有/无源干扰、我方邻近装备的互扰以及民用设备的干扰。4) 电磁传输效益。主要是指大气衰减、多路径效应以及大气波导效应。5) 其他威胁。主要指反辐射导弹、低空/超低空突防、隐身技术和微波武器等^[3-6]。

2 构设一般原则

雷达装备面临的战场复杂环境具有较强的特殊性和针对性。达到逼真、贴近实战的构设效果, 需要遵循以下几个原则: 1) 针对性, 指根据作战对象和训练任务, 有针对性地进行构设, 使雷达模拟器能够绑定在具体作战平台或者岸基位置; 2) 逼真性, 指逼真模拟主要作战对象可能使用的电子战装备类型、规模、运动性能和战术运用方式等, 以及

收稿日期: 2019-08-11; 修回日期: 2019-09-24

作者简介: 张国兵(1979—), 男, 河北人, 硕士, 工程师, 从事雷达系统仿真研究。E-mail: Buaa_zgb@163.com。

自然水文环境的动态影响过程；3) 对抗性，指模拟实现交战双方的对抗过程，主要电磁攻防和导弹打击过程；4) 可控空性，在信息化战场中，作战力量的机动性、流动性极强，协同要求高，必须要有较强的可控性，可以随机进行导调，主要包括干扰机的开关机、导弹的发射、航路规划和战损目标的裁决等^[7]。

3 系统设计与实现

想定态势生成系统即辅助用户进行作战想定开发的系统，依赖于想定数据和想定生成过程。想定数据决定了想定生成系统底层的数据流程，想定生成过程则决定了想定生成系统的工作流程。为了满足训练需求，想定生成系统实时控制雷达模拟训练器，将生成的作战态势传输到雷达模拟训练器，为终端雷达模拟器提供贴近实战的探测环境。

3.1 系统结构和主要功能

根据雷达模拟训练需求，想定态势生成系统的主要功能由想定态势编辑与管理、想定态势预演、想定态势综合显示、训练过程控制与监视、想定数据库、模型解算等组成。如图 1 所示，该系统通过对外接口连接各雷达模拟训练终端。

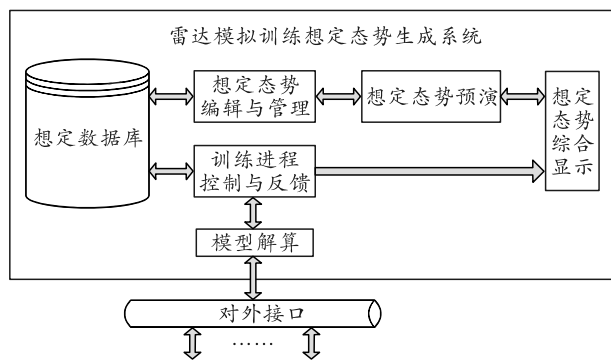


图 1 系统结构和主要功能

1) 想定态势编辑与管理功能。

想定态势编辑与管理主要完成对初始态势的编辑设置与管理功能。包括编辑本态势所对应的训练科目、剧情，设置对抗双方作战兵力的配置、部署、作战属性、态势归属、运动航迹及行动要点等，以及设置雷达和雷达干扰机工作状态、战场水文气象环境等，以构建雷达探测的目标、自然杂波和雷达干扰等环境，并且可以对作战兵力进行计划和随机性导调，满足战术调整和战场环境变化等。此外还具有管理功能，能够灵活存储和读取想定数据库中数据，对想定态势数据和方案进行查询、添加和删除等管理。

2) 想定态势预演功能。

想定态势预演功能主要完成对初步想定态势的预演功能。利用虚拟仿真技术对想定态势进行动态过程演示，有效地检验和验证想定态势与预想态势设置是否一致，以及所设兵力运用是否符合作战原则和规则。

3) 想定态势综合显示功能。

想定态势综合显示功能模块主要进行战场相关信息显示和战场动态态势的 2 维或 3 维图形化显示。包括战场态势的实时变化情况、参训兵力的运动和火力对抗情况、电磁环境的变化情况等信息显示，以及具有距离网格、极坐标距离网格、运动轨迹、武器使用状态显示、平台信息显示等辅助显示信息，同时支持常见的地图操作功能，如导航、放大、缩小、平移等。另外，可以显示与各雷达模拟训练终端联网通信状态信息，以及各终端的工作状态信息。

4) 训练进程控制和反馈功能。

训练进程控制主要通过对关键节点的控制完成对训练过程的控制。包括训练科目、剧情及初始态势和授时指令的下发，训练开始和结束指令的下发等，以及接收各节点雷达模拟器的工作状态和工作参数的反馈信息。另外，可以根据训练需要对想定态势进行既定内容的实时导调，包括作战平台运动轨迹、导弹发射/打击目标、改变辐射源的开关机等，使想定态势战术运用和运动要点更贴近实战需求。

5) 想定数据库管理功能。

想定数据库管理功能由数据库来实现，主要完成对训练方案和基础装备的数据库维护管理。数据库系统主要由训练方案数据库和基础数据数据库（装备数据库、平台数据库、编组数据库和编队战术数据库）组成。数据库设计为一个由参数级单一装备数据、平台数据、参训编组数据、编队战术数据等层级式训练资源的管理和积累功能。基础数据数据库可以使编辑人员快速完成兵力部署和管理，提高态势编辑效率；训练方案数据库可以使编辑人员灵活查询、保存和读取已想定的训练态势库，高效、完整地存留编辑人员态势想定设置的成果。

6) 模型解算功能。

模型解算功能主要完成对想定态势进行模型解算生成战场环境数据，以组播的方式传输到各雷达模拟训练终端，驱动雷达进行战场环境探测。主要包括作战平台位置信息、导弹目标运动信息、雷达干扰信号环境信息、自然杂波环境位置和幅度信息等，为雷达训练终端提供与想定态势一致的战场复

杂环境。

另外，对外接口主要功能是负责与各雷达训练终端进行数据通信和控制指令传输，双方需制定统一的数据通信协议和数据格式，保证通信的畅通和高效。由 RTI(run-time infrastructure)提供对底层通信和基本功能的支持，目的是将仿真应用和底层通信等基本功能分离，即在同一联盟执行过程中，所有的盟员按照 HLA(high level architecture)接口规范说明要求同 RTI 进行数据交换，实现成员之间的互操作。

3.2 系统工作流程

如图 2 所示，系统工作流程分为训练准备和训练运行 2 个阶段。训练准备阶段主要包括开始、新建态势文件、想定态势编辑、保存想定态势、打开想定态势和态势预演等环节，主要工作是根据训练想定方案内容和要点，编辑设置和推演虚拟兵力交战情况，或者推演已编辑完成的想定方案，为开展雷达仿真训练做准备，例如进行兵力部署和管理、航迹规划和兵力计划导调等编辑设置工作。训练运行阶段包括训练方案配置、启动训练、训练实时导调和训练结束等环节，主要工作任务是在雷达仿真训练想定态势生成系统控制下，依次完成训练体系的网络配置、训练参数的初始化、环境数据实时下发传输，以及根据指挥或情报信息进行的实时导调和训练结束等工作，为雷达训练终端提供实时探测环境，供雷达模拟训练装备进行复杂战场环境下训练，同时监控各终端节点的运行状态。

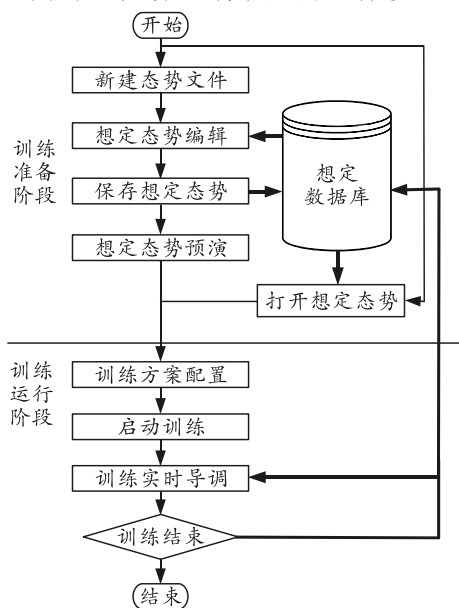


图 2 系统工作流程

3.3 关键实现技术

3.3.1 结构化、模块化数据库技术

为了缩短想定开发周期，提高想定开发的效率，便于编辑人员查询、重构和管理想定训练方案，想定数据库采用结构化、模块化数据库技术实现。以 WEB 页面的形式实现对数据库基础数据的添加、修改和删除等管理，便于对基础数据进行保护和管理；以通过图形化人机编辑界面实现对兵力的部署和规划，以及建立导调等编辑。想定数据库主要包括想定方案、环境信息、作战平台、配备装备、导调信息等数据模块^[8]。

想定方案数据模块主要包括想定 ID、想定描述、兵力编成 ID、作战区域、战场环境、参战实体及总数。与其他数据模块是包含与被包含的关系，其他数据模块是想定方案编辑的基础数据，想定方案要根据其他基础数据库提供的武器装备和参战实体信息进行编辑，另外一部分是用户在平台信息基础上编辑设置操作。

环境信息数据模块包含海况、地物、气象、风速风向等模型参数信息。主要支撑对战场自然环境进行模拟，生成属性、性能相一致的雷达自然杂波。

作战平台数据模块包含作战平台 ID、配备装备类型、配备装备数量、RCS 大小、作战平台类型和型号、所属阵营等信息数据。主要是支撑对不同兵力的各种作战平台的部署、航路规划和具体战术的模拟。

配备装备数据模块包含配备装备 ID、装备类型和属性、装备工作主要参数、工作方式等信息数据。主要是支撑对雷达装备、雷达对抗装备、通信装备和各种导弹等的模拟。

导调信息数据模块包含计划导调、随机导调信息。计划导调信息支撑在想定态势设置与编辑过程中，按照时间节点各作战平台和电子武器装备的工作状态的变化；随机导调支撑在训练过程中，根据战场情报和战场动态，实时对作战平台和电子武器装备的工作状态和具体战术的导调。

3.3.2 高程信息地图显示技术

为了按照地理时空经纬坐标，精准布控作战平台和自然地理环境，并能够完整、全面、准确、灵活、及时地反映战场的全局动态，系统以高程信息地图为背景，在其上进行红、蓝和其他方的兵力部署、运动实体的军标和航迹、实体属性信息等操作

设置,使想定态势的作战环境和兵力运动,能够准确反映想定态势的设想方案^[9]。为支持想定编辑过程态势显示及仿真过程中交战双方战场 2、3 维全局态势显示,系统将高程数字地图控件集成到 Visual C++应用程序中,借助 GIS 作为建模与仿真过程的空间信息支撑,以实现特有的多图层定义、动态实体显示及无级缩放等功能^[10]。

3.3.3 坐标转换技术

在想定态势设置与制作过程中,始终以背景地图为参考坐标系,对作战区域、兵力部署和运动进行规划与设置,并且随时需要对地图进行拖动、放大和缩小。为了在屏幕上正确显示兵力实体的地理坐标信息,确保屏幕坐标与对应地理坐标的映射关系始终保持一致,需要将地理坐标转化到屏幕坐标,转化公式^[11]如下:

地理坐标到屏幕坐标的转换公式:

$$\left. \begin{aligned} P_x &= (m_{\text{left}} + CP_x) / p_x - SP_x \\ P_y &= (m_{\text{top}} + CP_y) / p_y - SP_y \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

屏幕坐标到地理坐标的转换公式:

$$\left. \begin{aligned} CP_x &= (SP_x + P_x) / p_x - m_{\text{left}} \\ CP_y &= (SP_y + P_y) / p_y - m_{\text{top}} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

其中: P_x 为图标中心点的屏幕横坐标; P_y 为图标中心点的屏幕纵坐标; m_{left} 为地理中心点到左边的距离; m_{top} 为地理中心点到上边的距离; CP_x 为实体位置中心点的地理横坐标; CP_y 为实体位置中心点的地理纵坐标; p_x 为横坐标比例尺; p_y 为纵坐标比例尺; SP_x 为横坐标方向的滚动量; SP_y 为纵坐标方向的滚动量。

4 应用模式

雷达仿真训练想定态势系统有联网和脱机 2 种应用模式。在联网使用时,雷达仿真训练想定态势系统根据训练方案,配置参训雷达模拟训练装备节点,并在想定态势中相应的作战平台装备绑定型号一致的雷达模拟训练台。在训练过程中实时控制和导调雷达模拟终端开展训练,以及下达训练结束指

令;脱机模式下,雷达仿真训练想定态势系统只提供想定态势制作,不进行实时导调控制,事先将想定态势送到雷达模拟训练台进行录制,然后由雷达模拟训练台负责开展训练。

5 结束语

雷达仿真训练想定态势系统具有良好的人机沟通界面,具有高效的想定态势设置与制作,能够灵活管理和使用训练态势,可在同一想定态势下驱动多型雷达模拟台同时开展训练。多次应用结果表明:该系统在雷达仿真训练中效果良好,值得深入研究和推广。

参考文献:

- [1] 赵阳,张友华. 构建训练基地复杂电磁环境应把握的几个问题[J]. 国防科技, 2007, 8(2): 70-72.
- [2] 唐凤兰,邢良东,常天. 复杂电磁环境下雷达生存及反干扰探析[C]. 中国通信学会第五从学术年会, 2008: 388-391.
- [3] 王伟中,罗小明,王洪. 复杂电磁环境对雷达作战能力的影响及应对措施[J]. 四川兵工学报, 2011, 3(32): 154-156.
- [4] 臧家亮,黄亮. 复杂电磁环境下舰载雷达面临的生存威胁的分析与研究[J]. 科技风, 2009, 9(18): 183-184.
- [5] 斗计华,孙卫国,吴硕. 欺骗干扰对防空导弹制导雷达影响分析[J]. 兵器装备学报, 2018, 39(7): 30-32, 44.
- [6] 任鹏冲,叶广强,刘华伟,等. 基于复杂电磁环境下的雷达抗干扰技术[J]. 舰船电子工程, 2015, 9(35): 8-12.
- [7] 韩建辉. 一种海战场雷达信号环境构设方法[J]. 电子技术与软件工程, 2017(6): 70-73.
- [8] 阎晋屯,康凤举,苏颖. 基于 HLA 的水下对抗仿真想定生成与管理[J]. 系统仿真学报, 2005, 5(17): 1203-1207.
- [9] 石峰,赵雯,王维平. 联合作战仿真应用中的想定系统框架[J]. 系统仿真学报, 2003, 14(3): 212-215.
- [10] 来森,徐琦,黄绍君. 用于战术模拟训练的二维态势系统研究[J]. 指挥控制与仿真, 2009, 10(31): 18-20.
- [11] 邝志刚,郭齐胜,马向平,等. 基于 HLA 的作战仿真二维态势设计与实现[J]. 系统仿真学报, 2006, 8(18 增刊 2): 421-423.