

地面防空作战仿真建模方法的探讨

张多林

(空军工程大学 导弹学院训练部, 陕西 三原 713800)

摘要: 以高技术条件下的地面防空作战指控系统为背景,对地面防空作战指挥控制系统仿真建模的一般方法进行了探讨,并给出了用 SIMAN 仿真语言进行实现的方法步骤。

关键词: 地面防空;指控系统;仿真;建模

分类号: E824 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2000)01-0070-06

现代地面防空武器系统的效能能否充分发挥,其主要决定因素之一是其指控系统是否先进、可靠,故无论是在新型武器系统的研制过程中还是在武器系统的使用过程中,都要对其进行系统的分析论证和试验。系统的实弹试验不仅危险性大、时间长,而且费用昂贵。用仿真方法对系统进行分析论证是最有效的手段之一。

地面防空指挥控制系统仿真与一般的系统仿真一样,也包括建立系统模型,建立系统仿真模型,进行仿真试验等三项基本活动。系统模型是地面防空指挥控制系统的初步抽象,可以说是一种语言描述。这种描述包括系统逻辑关系、系统界面、系统状态以及参数值的描述。系统仿真模型是确定仿真策略后对系统模型的进一步抽象,它不仅要详细描述系统的状态及各状态之间的转变关系,而且要详细描述试验框架。而仿真试验是将系统仿真模型用计算机语言描述并在计算机上运行实现。

1 系统模型

1.1 地面防空指挥控制系统分析

防空指挥控制系统目前没有统一的定义,多年的研究表明,防空指挥控制系统是 C³I 系统支持下的一个过程。就其定义而言,它是指挥人员对所辖兵员、武器系统等资源的派遣或配置作出决策,使得上级指挥员的作战意图得以完全的贯彻。就其职能而言,它能使指挥员指示、下达命令和控制上级赋予他的兵员、装备等资源。

该系统是一个大规模的、复杂的系统,这完全是由它的特点所决定的。首先,它的组织形式是多层次的分布式结构,现代防空作战中,指挥控制机构由多个指挥员构成,并且各指挥人员及其所辖资源分布在广阔的区域上,各作战指挥人员各行其职,并相互协调地工作。这就决定了指控系统是分布式结构。整个指控系统的诸指挥员具有严格的等级区别。上级指挥员对下级指挥员具有绝对的指挥权。下级指挥员在执行上级指挥员命令的过程中,有着如何完成任务的决定权。这就决定了指控系统呈多层次结构。其次,指控系统是一个人机系统。由于人的很多因素不能确切估算,在指控系统分析中如何考虑人的因素目前还是一个难题。另外,防空指挥控制系统是一个极其复杂的系统。该系统的任务是完成上级下达的任务,这就要求它能有效地组织、利用所辖资源,使自己及其所要保卫的要地尽可能免于敌方的攻击,并且尽可能地消灭对方的力量。这是一个多目标决策问题。另外敌方也可能有许多作战方案,并且在作战过程中不断变换,这样就要求指控系统能对敌方任何一种方案都有相应的策略,这实际上就是一个随机对策问题。

1.2 地面防空指挥控制系统模型

现有的以及正在研制的地面防空武器系统均是以营为火力单元、以旅(团)为作战单位的。各营可以独立

作战也可在旅(团)范围内协同作战。所以其指控系统有上级、旅(团)级和营级三级指控系统构成。上级指挥机构可根据远方情报及整个战区的态势来指挥下属各作战单位,例如指定重点目标等。旅(团)级指控机构可根据上级情报、友邻情报及所属情报来调度分配所辖资源,规划作战方案,对营级火力单元直接实施指挥控制。一个火力单元一般有一套武器系统,其中有多个发射装置。营级指挥机构在旅(团)级指挥控制下实施旅(团)级的作战规划,充分发挥所辖资源的作战效能,完成上级分配的任务。指控系统模型如图 1。

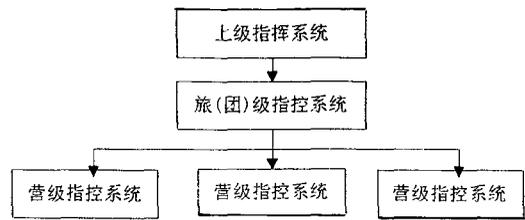


图 1 指控系统模型结构图

1.2.1 旅(团)级指控系统模型

从信息处理角度看,旅(团)指控系统将接收上级指挥控制系统的情报,将各路情报信息进行融合。然后进行综合识别,判明目标的属性和机型,对目标进行威胁判断并进行拦截适宜性检查,制定作战规划,对下属火力单元实施作战指挥,最后进行战果评估。模型如图 2 所示。

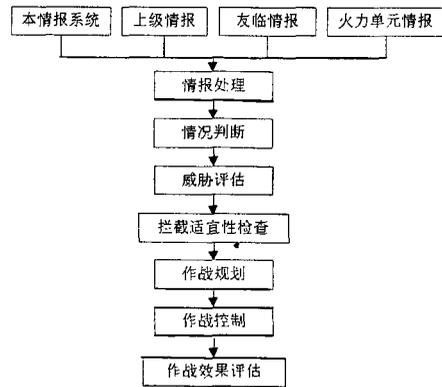


图 2 旅(团)级指控系统模型流程图

1.2.2 火力单元级指控系统模型

火力单元级指控系统有一部警戒雷达和 2 个红外照射雷达,下设若干发射单元。当警戒雷达发现目标后,上报旅(团)指挥系统,旅(团)指控中心经处理后将作战任务下达到火力单元指控系统,由火力单元指控系统根据时间、空间、物资资源约束条件,制定出最佳的作战方案,并对发射单元实施控制,最后进行战果评估,并将评估结果上报旅(团)指挥中心。模型见图 3 所示。

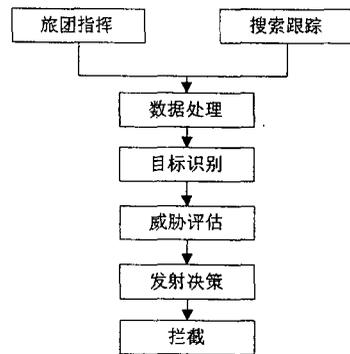


图 3 火力单元级指挥控制系统流程图

不论是旅(团)级指挥控制系统还是火力单元级指挥控制系统,就其过程和功能而言是相似的,但其内容是不同的。

1.2.3 防空指挥控制系统中的时序关系

当敌目标向某武器防空区域进袭时,在目标进入防空系统雷达作用区域前可能从远方情报和友邻情报那里得到了信息,这时可控制警戒雷达重点搜索目标进袭方向。火力单元级指控系统发现目标后,对已得到的信息进行数据融合处理并建立起目标航迹,经过初步的综合识别和威胁判断,将一定量的重点目标上报旅(团)级指控系统。旅(团)级指控系统将各火力单元指控系统送来的目标信息和其它传感器送来的目标信息进行综合处理(校批、对批)、属性类型识别,拦截适宜性检查,根据处理结果及态势迅速制定作战方案,将分配给火力单元进行拦截的目标信息送至该火力单元。火力单元指挥系统对这些目标要进一步综合识别、拦截适宜性检查、威胁判断与排序,制定拦截方案。当这些目标没有到达分配终线时,将参加下一轮的战斗规划,若到达分配终线就将这些目标分配给各发射单元,且不再参加下一轮的战斗规划。各发射单元可选择最佳时机进行拦截。火力单元级指控中心要对敌目标损伤情况进行评估,并将评估结果上报旅(团)指挥系统。

如果一个火力单元(一套武器系统)独立作战,那么它发现目标后,将目标信息及各路情报信息进行数据融合,然后进行属性类型判别、拦截可行性检查、威胁评估与排序,并进而进行目标分配、拦截结果评估。

拦截结果评估的精确与否直接影响到下一轮的作战规划。

2 仿真建模

一般地面防空系统均是两级指挥,这种系统的指控系统的状态变化均是由于一些事件的发生引起的,所

以防空指挥控制系统是一个大规模的离散事件系统。火力单元级指控系统是旅(团)级指控系统的一个子系统,每一级指控系统都有一个指挥控制中心(指挥所)。下面分别对这两级指控系统采用事件调度法建立仿真模型,并用非形式描述语言描述之。最后将两级指控系统的仿真模型有机地结合成为防空系统的指挥控制系统的仿真模型。

2.1 旅(团)级指控系统的仿真模型

(1)描述成分

主动成分:目标

被动成分:入口,旅(团)级指控中心,出口

(2)描述变量

①主动成分的变量

目标没被发现	目标被发现	目标被跟踪	目标被分配	目标被拦截
目标被击伤	目标未被击伤			
目标的座标	目标的类型	目标的敌我属性	目标的威胁程度	
目标的干扰类型	目标的批号	目标的速度		

②被动成分的变量

A、入口

hello= Φ 无目标到达

hello=X 目标 X 到达

B、旅(团)指挥中心

目标在旅(团)指挥中心的排列号

目标在旅(团)指挥中心的队列中

目标不在旅(团)指挥中心的队列中

C、出口

bye= Φ 无目标离开系统

bye=X 目标 X 离开系统

D、参变量

旅(团)指挥中心的座标

各营指挥中心的座标

③成分相互关系

当首批目标到达入口,则 hello=X,置 $t=0$;

目标 1 到达系统后,在旅(团)指挥中心目标队列排队,等候处理,经过一段时间 t_1 ,系统开始处理目标 1,这时 $t=t_1$,系统处理目标的时间为 $t=t_1+t_2$,目标到达出口,离开旅(团)指控中心。

2.2 火力单元级指控系统的仿真模型

(1)描述成分

主动成分:目标

被动成分:入口、警戒雷达、火力单元指控中心、发射单元、出口

(2)描述变量

①主动成分的变量

目标的状态:

目标没被发现	目标被发现	目标被跟踪	目标被处理
目标被分配但未被拦截	目标被拦	目标被击伤	目标突防

目标的属性:

目标的座标	目标的类型	目标的敌我属性	目标的威胁程度
目标的干扰类型	目标的批号	目标的速度	

②被动成分的变量

A、入口

hello(i)= Φ 无目标到达

hello(i)=X 目标 X 到达

B、雷达

radio(i)= Φ 没有发现目标

radio(i)=X 发现目标 X

C、指挥中心

line(i)= X'_1, X'_m , 说明第 i 个火力单元指挥中心有 m 个目标等待处理, X'_i 为队列中第 i 个目标, 队列中的排队规则是按到达分配终线的时间的大小按低到高排列。

busy(i)=Y, 第 i 个火力单元分配中心处于忙状态

busy(i)=N, 第 i 个火力单元分配中心处于闲状态

D、发射单元

fbusy(i, j)=Y, 第 i 个火力单元第 j 个发射单元处于忙状态

fbusy(i, j)= Φ , 第 i 个火力单元第 j 个发射单元处于故障或无弹状态

fbusy(i, j)=N, 第 i 个火力单元第 j 个发射单元处于闲状态

③成分相互关系

A、目标 l 到达第 i 个火力单元指控系统时, hello(i)=l, 时间 $t=0$,

B、经过一段时间 t_1 , 目标 l 首次到达雷达作用范围边界, 雷达对其搜索, 若发现目标 l, 则 $t=t+t_1$, 若没有发现目标, 继续搜索, $t=t_1$ +搜索周期。当雷达发现目标后, 随即对其跟踪, 直到不能跟踪的时刻 t_2 为止。

C、跟踪的目标要在指控中心排队等待处理, 等待时间为 t_2 , 则开始处理目标 l 的时刻 $t=t+t_2$, 处理时间为 t_3 , 则对目标 l 完成分配的时刻为 $t=t+t_3$, 若将目标 l 分配给第 j 个发射单元, 第 j 个发射单元在 t 时刻开始拦截, 拦截时间为 t_4 , 则结束拦截时刻为 $t=t+t_4$, 火力单元指控中心对目标 l 损伤情况评估用时为 t_5 , 则 $t=t+t_5$ 时刻目标离开系统。

D、目标到达出口, ByeBye(i)=X, 目标离开系统。

3 SIMAN 仿真模型

SIMAN 语言是一种多功能的系统仿真分析语言, 对于离散事件系统仿真, 除一般仿真语言所具有的描述能力外, 还提供了组合块图描述, 这为建立复杂的作战系统的仿真模型提供了强有力的工具。

3.1 空中目标的仿真

空中目标是地面防空作战系统仿真中的动态实体, 对它的仿真可分为以下三个步骤: 实体的产生; 产生空中目标, 即赋予实体一些目标的属性; 实体在系统中的流动。重点研究一下实体的产生。

实体的产生受产生的时刻、产生的数量限制, SIMAN 为其提供了多种方法, 如 CREATE 块、CREATE 函数、BRANCH 块中的实体复制等。利用上述方法并结合 EVENT 块可满足产生复杂空情的需要。

(1) 随机实体流的产生

随机实体流的产生有两种方法, 即 CREATE 块和 CREATE 函数。用 CREATE 块较为方便, 但仅限于块图模型。CREATE 函数产生实体, 使用方法较为灵活, 可在任一 EVENT 块中的任何地方产生实体, 但 CREATE 函数本身并不能控制产生实体的时刻、产生的数量。因而, 调用 CREATE 函数产生实体时, 一般要将 CREATE 函数与 SCHED(L, T, DT) 函数结合起来使用。

(2) 根据目标流产生器输出的目标流产生实体流

在许多情况下, 为了研究某一作战问题, 需要在仿真模型上运行多种作战想定, 而且不同想定中的目标流可能不同, 且不服从典型分布。在仿真实验中, 产生满足这种需求的实体流就稍微复杂一些。可用下面的方法实现。

```
CREATE, 1:1;
LAB1 EVENT: 1;
DELAY: A(2);
BRANCH, 2:
    IF, A(1).EQ.1, LAB1;
```

```

    ALWAYS, LAB2;
LAB2 QUEUE, 1;

```

其中,语句1产生一个实体。

语句2是一个用户的功能模块,用来接收、处理由目标流产生器输出的目标流信息,A(1)、A(2)、A(3)均要在其中赋值。

语句3延迟两批目标间隔。

语句4通过实体的复制来产生实体,并控制是否产生下一个实体。

语句5提供了一个队列,用来存贮实体流。

3.2 指控中心仿真

各个指控中心均可用一个STATION站来模拟,不同级别的指控中心,只是STATION站中的内容有所不同。下面就以旅团级指控中心为例介绍。

```

STATION, N;
LAB3 DELAY: UF(3);
EVENT:3;
DELAY: UF(1)
EVENT:4;
DELAY: UF(2);
EVENT:5;NEXT(LAB3);

```

其中,EVENT:3用来模拟旅团级指控中心的探测/跟踪雷达工作过程。

EVENT:4用来模拟旅团级指控中心的目标识别、拦截适宜性检查。

EVENT:5用来模拟旅团级指控中心的威胁评估、目标分配,并负责传送分配结果。

UF(1)是探测/跟踪雷达的周期。

UF(2)是目标识别、拦截适宜性检查的周期。

UF(3)是威胁评估、目标分配周期。

3.3 预警系统仿真

假设旅团级指控系统要接收四路情报信息(上级指示信息、友临信息、情报总分站、警戒雷达),并对这四路信息进行综合处理。每一路情报均可用一个STATION站模拟,旅团级指控系统信息进行综合处理也用

```

STATION,N1-N1;
LAB6 EVENT: 6;
BRANCH, 1;
    IF, A(3).EQ.1, LAB4;
    ELSE, LAB5;
LAB4 DELAY: UF(4); NEXT(LAB6);
LAB5 EVENT: 7;
BRANCH, 1;
    IF, A(4).EQ.1, LAB7;
    ELSE, LAB8;
LAB7 DELAY: UF(5); NEXT(LAB5);
LAB8 EVENT: 8;
    DELAY: UF(6); NEXT(LAB8);
STATION, N5;
LAB11 EVENT: 9;
BRANCH, 1;
    IF, A(5).EQ.1, LAB9;
    ALWAYS, LAB10;
LAB9 DELAY: UF(7); NEXT(LAB11);

```

LAB10 ASSIGN: $A(5)=A(5)+1$;
ROUTE:0,N6;

其中,EVENT:6 是搜索探测功能块。

EVENT:7 是跟踪功能块。

ENENT:8 是情报传送功能块。将探测的目标传送到旅团级指控系统信息进行综合处理站 STATION,N5。

EVENT:9 是信息综合处理模块。

ROUTE:0,N6 是将重新编排后的目标传到旅团级指控中心。

3.4 拦截过程仿真

拦截过程这里是指从导弹发射到导弹与目标遭遇。地空导弹为制导武器,若由引导站引导,则只有引导站工作正常时,地空导弹才可能沿着预定轨道飞向目标。

STATION, 6;

LAB13 EVENT: 10;

EVENT: 11;

BRANCH, 1:

IF, $A(6).EQ.1$, LAB12:

ELSE, LAB14;

LAB12 DELAY: UF(7): NEXT(LAB13);

LAB14 EVENT: 12: DISPOSE;

其中,EVENT:10——进行导弹的航迹推进。

EVENT:11——判断导弹与目标是否遭遇、导弹是否飞向目标。

EVENT:12——判断是否击中目标。

4 结束语

本文对地面防空作战仿真建模方法进行了讨论,提供了地面防空作战仿真模型的描述方法和用 SIMAN 语言实现的方法。在某两种型号兵器作战建模仿真、某地区地面防空作战建模仿真等课题的研究中,对本文的方法进行过验证,均取得了较好的效果。其特点是便于理解、便于维修、便于扩充。

参 考 文 献

- [1] 熊光楞,肖田元,张燕云. 连续系统仿真和离散事件系统仿真[M]. 北京:清华大学出版社,1991.
- [2] Bernard P. Zeigler. Theory of Modelling and Simulation[M]. 1976.
- [3] 陈怀瑾. 导弹系统研究中的系统仿真[J]. 系统工程与电子技术,1983(1).

Research on Model Method of Ground-to-air Defense Simulation

ZHANG Duo-lin

(Dept. of Training of the Missile Institute, AFEU. ,Sanyuan 713800,China)

Abstract. On the condition of high technology,model method of ground-to-air defense simulation is discussed. The achieving method by SIMAN simulation language is given.

Key words: Ground-to-air defense;Command control system;Simulation;Model