

基于SD的地空导弹混编群部署决策模型

陈卓, 商长安, 郭蓬松

(空军工程大学防空反导学院, 西安, 710051)

摘要 地空导弹混编作战是应对信息化空袭、提高地面防空整体作战效能的必然选择。阐述了地空导弹混编部署的基本模式和准则,基于系统动力学(SD)理论方法,分析了构建地空导弹混编群部署决策模型的要素,主要包括:空袭目标参数、火力单元部署要素和武器性能参数,给出了SD仿真模型中射击条件判断的主要依据、变量设置和影响关系,以“中-近程”混编模式为范例,建立了地空导弹混编群部署决策SD模型,包括模型的结构流图和重要变量的运算关系,通过设置典型参数和对策序列,对SD模型进行了仿真实验,获得了重要变量的仿真结果,并对仿真结果的含义和应用进行了分析讨论。案例运行表明了SD模型的可行性和有效性。

关键词 地空导弹;混编群;部署决策模型;系统动力学

DOI 10.3969/j.issn.1009-3516.2015.06.018

中图分类号 O22 **文献标志码** A **文章编号** 1009-3516(2015)06-0084-05

A Study of Deployment Decision Model of Surface-to-Air Missile Hybrid Force Based on System Dynamics

CHEN Zhuo, SHANG Chang'an, GUO Pengsong

(Air and Missile Defense College, Air Force Engineering University, Xi'an 710051, China)

Abstract: The hybrid operations of surface-to-air missile is an necessary choice of dealing with information air attack and improving ground-air-defense integrated operations effectiveness. The basic mode and criterion of surface-to-air missile hybrid deployment are explained. The main factors of deployment decision model are analyzed based on System Dynamics (SD) theory, including the air-attack parameters, firepower unit deployment and equipment capabilities. The judgment regulation of fire condition, variable setting and inflection relation in SD simulation model are proposed. Taking "one intermediate and two short range" hybrid deployment mode as an example, the SD model of surface-to-air missile hybrid deployment decision is built, including the model structure diagram and important variables operation relation. By setting the typical parameters and countermeasure sequence, the SD model simulation experiment is executed and the important variables' simulation results are acquired. And the meaning and application of simulation results are discussed. The case application shows that the decision SD model is feasible and effective.

Key words: surface-to-air missile; hybrid force; deployment decision model; system dynamics

现代空袭是以信息网络为支撑、多种手段并用的一体化联合空袭,单一型号的地空导弹武器系统

已难以独立完成防空作战任务。目前,地空导弹武器系统已经发展出高中低空、远中近程多种型号^[1],

收稿日期:2015-03-30

作者简介:陈卓(1985—),男,江西南昌人,硕士生,主要从事防空作战决策分析研究.E-mail:cz635891@163.com

引用格式:陈卓,商长安,郭蓬松.基于SD的地空导弹混编群部署决策模型[J].空军工程大学学报:自然科学版,2015,16(6):84-88. CHEN Zhuo, SHANG Changan, GUO Pengsong. A Study of Deployment Decision Model of Surface-to-Air Missile Hybrid Force Based on System Dynamics[J]. Journal of Air Force Engineering University: Natural Science Edition, 2015, 16(6): 84-88.

为实施地空导弹混编作战提供了物质基础,可充分利用多型装备资源,优化集成、混编部署,使各型装备的效能得到充分发挥,形成“群”的整体作战能力。对于地空导弹武器而言,科学合理的部署是达成作战目的的重要前提,混编群的部署更是充分发挥混编作战整体效能的关键问题之一。关于混编部署研究的方法较多^[2-3],解析计算、图上作业、作战模拟等方法均有各自的优点长处,本文利用系统动力学(Syten Dynamics, SD)理论,采用作战仿真的方法对地空导弹混编部署决策问题开展研究。

1 地空导弹混编部署基本模式和准则

图 1 给出了一种“中-近程”编组模式示意图,该模式采用的是 1 套中高空程+2 套低空近程的编配方式。

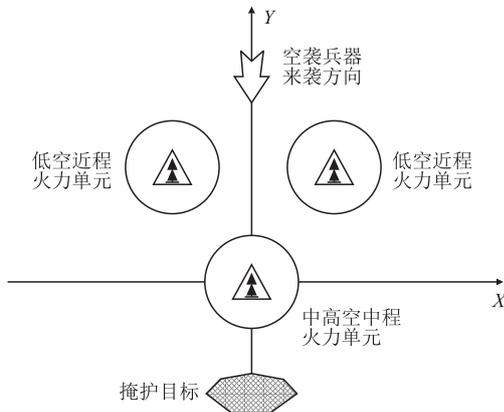


图 1 “中-近程”混编部署样式

Fig.1 Hybrid deployment mode by one intermediate and two short range surface-to-air missile

中高空程地空导弹武器系统一般低空性能较差,但射程较远、杀伤区高界较高,需要低空近程武器系统掩护低空,而低空近程武器系统的杀伤区远界、高界有限,又需要中高空程武器系统实施掩护^[4-5]。这也从侧面说明了混编作战的意义之所在。限于篇幅的原因,也不失一般性,本文即以图 1 所示“中-近程”编组模式为范例开展研究,重点在于讨论系统动力学理论方法用于地空导弹混编部署研究的适用性和可行性。

2 地空导弹混编部署决策 SD 模型的建模分析

系统动力学^[6]是一种有效的作战模拟方法,其解决问题的思路是通过系统分析构建 SD 模型,利用模型在不同对策条件的仿真^[7-8],实现对策分析。

2.1 建模目的分析

就防空作战而言,部署的“优化”是难以实现的^[9],混编部署同样如此。地空导弹混编群的部署决策,实质上是给出不同型号火力单元合理配置的决策参考。在图 1 中,假定中高空程(记为 ZG)火力单元部署在坐标原点(0,0),其它 2 个低空近程(分别记为 J_1 、 J_2)的部署点坐标可调整。按照系统动力学的思想,我们不妨将 J_1 、 J_2 每个部署点的坐标视之为 1 个对策,通过 SD 模型仿真,获取相应部署样式下的仿真参数,从而作为部署决策的重要依据。

2.2 SD 模型要素

根据模型应用目的,地空导弹混编群部署决策 SD 模型包含有 3 个方面要素:①空袭目标参数;②火力单元部署要素;③地空导弹战技性能参数。

混编部署决策 SD 模型中,射击条件判断是模型仿真中的关键环节,依据不同型号地空导弹装备的战术技术参数、部署位置、目标诸元判断对空袭目标是否构成射击条件,主要包括以下几个要素:①目标航路捷径不大于武器系统杀伤区的最大航路捷径($P_{mb} \leq P_{max}$);②目标飞行高度介于杀伤区的低界和高界之间($H_{min} \leq H_{mb} \leq H_{max}$);③目标航路角小于杀伤区最大航路角($q_{mb} \leq q_{max}$);④目标相对于火力单元的高低角小于武器系统杀伤区最大仰角($\epsilon_{mb} \leq \epsilon_{max}$);⑤目标相对于火力单元的斜距介于杀伤区远界与近界之间($D_{sj} \leq D_{mb} \leq D_{sy}$);⑥武器系统的作战反应时间(T_{ly})应满足对空袭目标作战的时间要求。

2.3 模型要素的影响关系

在 SD 仿真中,空袭目标参数为模型仿真提供“输入”,混编部署参数进行对策条件的设置,战技参数用来进行火力单元的射击条件判断,通过仿真可以获得混编部署决策的重要参数,例如具备射击条件时飞机距掩护目标斜距、目标在火力单元杀伤区内飞行时间,为实现量化决策奠定参数基础^[10]。SD 模型要素的关系见图 2。

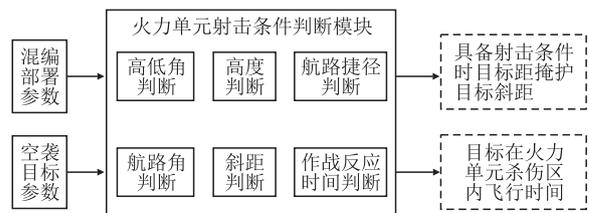


图 2 混编部署 SD 模型的框架结构

Fig.2 SD model framework of the hybrid deployment

其中,空袭目标参数主要是目标的飞行坐标参数,该参数随着仿真时间的推进而变化,例如,目标

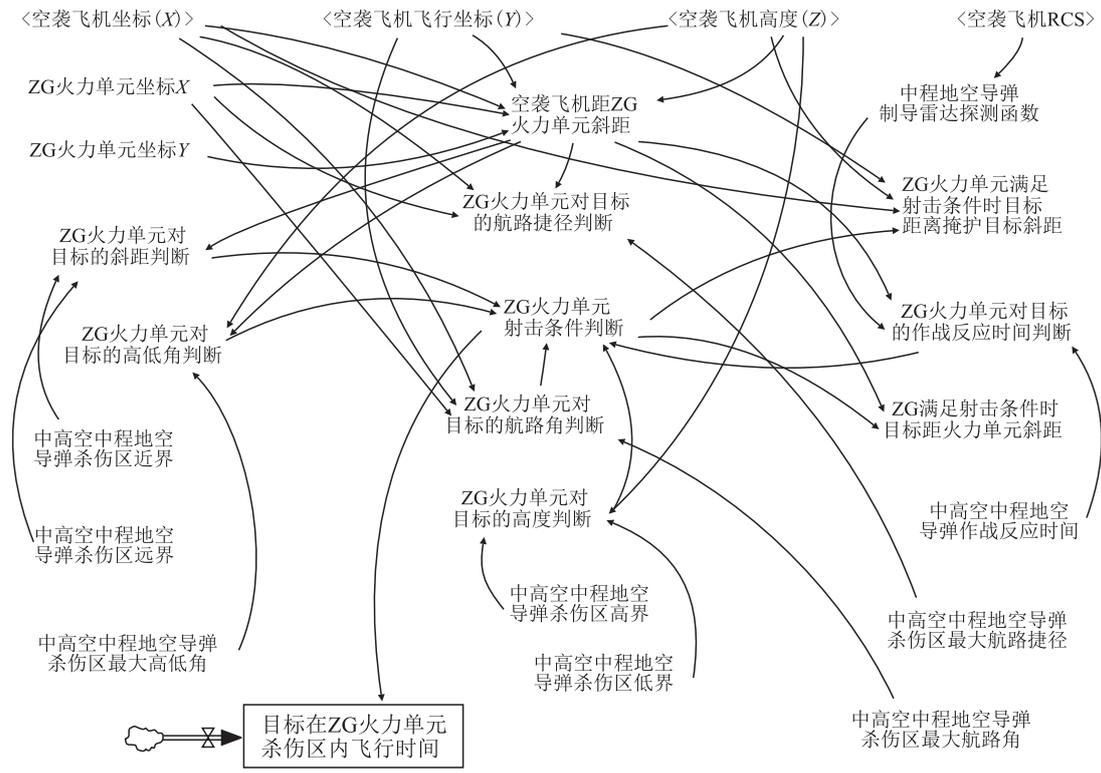


图 4 地空导弹混编部署决策 SD 模型(结构流图 2)

Fig.4 SD model of hybrid deployment decision on the surface-to-air missile(structure diagram 2)

4 SD 模型的仿真实验及分析

在 SD 模型中,设定武器系统性能杀伤区参数,以及空袭目标飞行参数和部署位置坐标,对模型进行仿真实验。图 1 中的坐标系中,SD 模型设定 2 个对策序列:① $D_1: J_1, J_2$ 部署点坐标 X, Y 分别为 $(-4\ 000\ \text{m}, 15\ 000\ \text{m}), (4\ 000\ \text{m}, 15\ 000\ \text{m})$; ② $D_2: J_1, J_2$ 部署点坐标 X, Y 分别为 $(-2\ 000\ \text{m}, 20\ 000\ \text{m}), (2\ 000\ \text{m}, 20\ 000\ \text{m})$ 。

由于 SD 模型设置的变量较多,我们仅选取几个重要变量的仿真结果进行比较与分析。“ J_1 火力单元射击条件判断”、“ZG 火力单元射击条件判断” 2 个变量的仿真比较结果见图 5、6。为了形象直观及篇幅限制,还在图中标识了“目标在火力单元杀伤区内飞行时间”、“火力单元满足射击条件时飞机距离掩护目标斜距” 2 个变量的仿真结果。由于 2 个对策条件下,ZG 火力单元部署未作调整,因而其仿真输出不变,但是 J_1, J_2 火力单元的仿真结果则发生变化。从图 1 中可以看出, J_1, J_2 相对于 ZG 火力单元是对称部署的,因而“ J_2 火力单元射击条件判断”与 J_1 的仿真输出结果一致,文中不再赘述。

从 SD 模型的变量设置可以看出,火力单元射击条件判断是多项单个射击条件判断的综合,是 SD

模型仿真的关键环节。图 5、6 中,其仿真结果的输出模式类似单位阶跃信号,输出幅值为“1”,其幅值“1”的持续时间即为“目标在杀伤区内的飞行时间”,而仿真输出“1”前沿所对应的时刻,就是火力单元具备射击条件的时刻,可通过仿真可获取该时刻“飞机距掩护目标的斜距”,上述仿真结果即可作为混编部署决策的重要依据。

在实际应用中,指挥人员可根据 SD 模型仿真获得的参数,依照作战任务、掩护目标,以及部署决策准则等因素,进行混编部署决策,并在调整部署前再次进行模型仿真,利用获取的仿真参数作为部署决策参考。

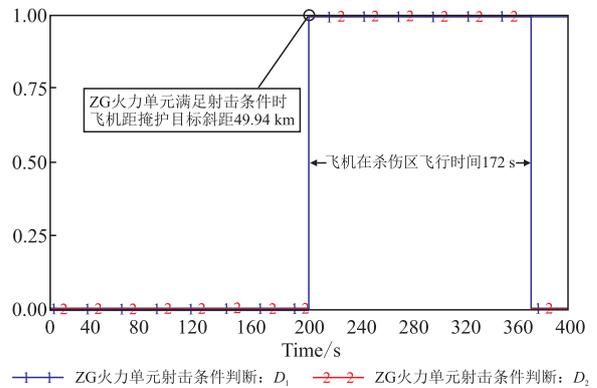


图 5 “ZG 火力单元射击条件判断”仿真结果比较

Fig.5 Simulation result comparison of ‘ZG firepower unit interception condition judgement’

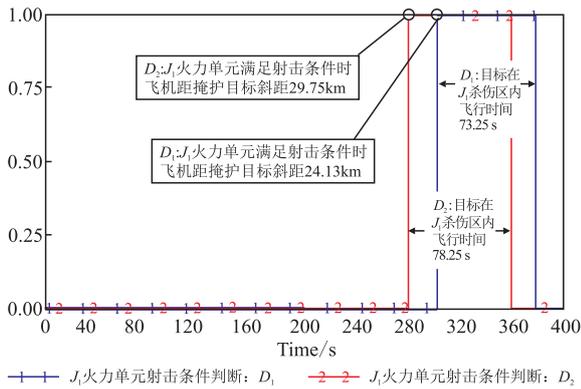


图6 “ J_1 火力单元射击条件判断”仿真结果比较

Fig.6 Simulation result comparison of “ J_1 firepower unit interception condition judgement”

5 结语

地空导弹混编部署的模式多样,部署方案的优劣直接影响着混编群作战效能的发挥。本文利用一种典型样式分析探讨了系统动力学理论方法应用于混编部署决策的适用性。在 Vensim 平台下,通过 SD 模型仿真可获取混编部署决策所需的重要参数,当然,为实现部署方案的优选,还应该在获取部署参数的基础上,进行混编部署评估,以期获得满意的决策方案。而且,混编群作战效能的充分发挥,还有赖于火力运用、作战指挥、训练演练等多个方面的要素,需要进行深入系统地研究探讨。

参考文献 (References):

[1] 王凤山.现代防空学[M].北京:航空工业出版社,2008.
WANG Fengshan. Science of Modern Air Defense [M].Beijing:Navigation Industry Publisher,2008.(in Chinese)

[2] 王玉冰,王锦江,王颖龙.基于粒子群算法的混编群兵力部署优化研究[J].战术导弹技术,2009(3):44-47.
WANG Yubing, WANG Jinjiang, WANG Yinglong. Study of Hybrid Force Disposition Based on Particle swarm Optimization [J]. Tactical Missile Technology,2009(3):44-47.(in Chinese)

[3] 郭蓬松,龙光正,赵博,等.地面防空作战部署评估仿真系统设计与实现[J].现代防御技术,2014,42(6):153-160.
GUO Pengsong, LONG Guangzheng, ZHAO Bo, et al.Design and Implementation of Simulation System on Evaluation of Ground to Air Defense Disposition [J]. Modern Defence Technology,2014,42(6):153-160.(in Chinese)

[4] 马飞,曹泽阳,韩勃,等.基于 Nash 均衡的地空导弹兵

混编群火力运用策略[J].系统工程与电子技术,2011,33(10):2239-2243.

MA Fei, CAO Zeyang, HAN Bo, et al. Applying Fire Strategies of Ground-to-Air Missile Composite Groups Based on Nash Equilibrium[J]. Systems Engineering and Electronics, 2011, 33(10):2239-2243. (in Chinese)

[5] 阳林,刘付显,王磊.地空导弹兵混编群作战仿真研究[J].指挥控制与仿真,2011,33(4):63-66.
YANG Lin, LIU Fuxian, WANG Lei. Research on Operation Simulation of Surface to Air Missile Group [J]. Command Control & Simulation, 2011,33(4):63-66.(in Chinese)

[6] 康崇禄.国防系统分析方法[M].北京:国防工业出版社,2003.
KANG Chonglu. National Defense System Analysis Method [M].Beijing: National Defense Industry Publishers,2003.(in Chinese)

[7] WANG Qifan. Theory and Application of System Dynamics[M].Beijing: New Times Press, 1997.

[8] Forrester J.MIT System Dynamics in Education Project[M].[S.l.]:Educational Theory & Practice,1996.

[9] 刘健,陈杰生.地空导弹兵作战部署兵力需求分析方法[J].系统工程与电子技术,2003,25(4):451-453,476.
LIU Jian, CHEN Jiasheng. Method of Troops Demand Analysis for Operational Disposition of Groud-to-Air Missile Forces[J]. System Engineering and Electronics,2003,25(5):451-453,476.(in Chinese)

[10] Jaiswal N K. Military Operations Research: Quantitative Decision Making [M]. Norwell, Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 1997.

[11] 商长安.空防对抗仿真的系统动力学模型研究[J].系统仿真学报,2009,20(19):5994-5997.
SHANG Chang'an. Study on System Dynamics Model of the Simulation of Air-Defense Confrontation [J]. Journal of System Simulation, 2009, 20(19):5994-5997.(in Chinese)

[12] 申卯兴,郭岗,商长安,等.弹道导弹防御系统反导作战的 SD 模型研究[J].空军工程大学学报:自然科学版,2013,14(3):33-36.
SHEN Maoxing, GUO Gang, SHANG Chang'an, et al. Study of System Dynamics Model of Anti-TBM Operation of Ballistic Missile Defense (BMD) System [J]. Journal of Air Force Engineering University: National Science Edition, 2013, 14(3):33-36.(in Chinese)

(编辑:徐楠楠)