

【其他研究】

战场炮兵定量弹药供应 SD 模型研究

郝海飞¹, 王京明²

(解放军炮兵学院, 合肥 230031)

摘要: 针对战场弹药供应控制的难点问题, 借助系统动力学方法, 建立了定量弹药控制模型, 对战场弹药供应控制进行模拟仿真, 为指挥员弹药供应决策提供方法支持。

关键词: 弹药供应; 系统动力学; Vensim

中图分类号: TJ43

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2011)06-0115-03

战中的弹药供应历来是弹药供应中的重点和难点, 重就重在它是部队的生命线, 难就难在它不易控制。一般将数量上供少了、时间上供晚了的活动称之为断供; 将数量上供多了、时间上供早了的活动称为盲供^[1]。

如果断供, 当部队需要弹药的时候, 没有弹药可用或不够用, 其结果是贻误战机, 影响作战任务的完成; 如果盲供, 则会引起部队弹药的大量积累, 影响部队机动能力, 造成人力、物力的浪费。因此, 战中弹药供应又是必须要加以控制的, 不允许“失控”, 失控就会造成弹药的断供或盲目供应。

本文依据战时弹药供应控制基本流程, 依托系统动力学方法, 建立了定量弹药供应控制模型, 能够简便快速地得出弹药供应控制的基本数据, 为指挥员弹药供应决策提供了方法支撑。

1 系统动力学解决问题的步骤

运用系统动力学^[2]认识与解决问题是一个多次反复循环、逐渐深化、逐步达到预定目标和满足要求的过程, 见图1。这个过程一般分为5步:

- 1) 确定系统目标, 包括明确用户的要求、目的和弄清系统所要解决的问题。
- 2) 进行系统的结构分析和因果关系分析。描述系统有关因素, 解释各因素之间的内在关系, 画出因果关系图。
- 3) 建立SD模型。在因果关系图的基础上, 绘制流图; 建立数学方程、描述定性与半定性的变量关系; 最后构造方程与程序, 并对模型作初步的检验与评估。
- 4) 进行计算机模拟与策略分析。对程序赋予原始数据及策略变量, 在计算机上模拟实验。绘制结果曲线图表, 并调整数据, 反复模拟实验。
- 5) 结果的分析评估与模型的检验。对模拟结果进行分析、检验。

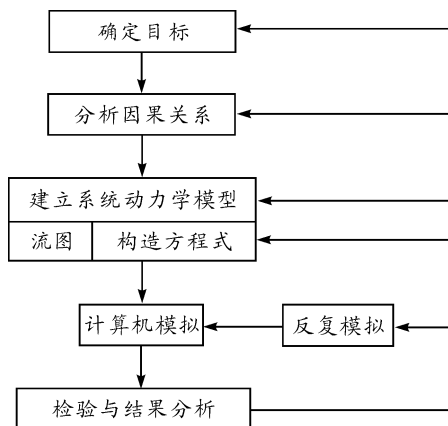


图1 系统动力学方法建模与实验过程

2 定量弹药供应控制 SD 模型

2.1 弹药供应控制基本流程

如果将弹药供应作为一个系统来看待, 那么弹药供应控制可以作为一个系统控制问题来分析。战中弹药供应系统控制过程可用图2表示。

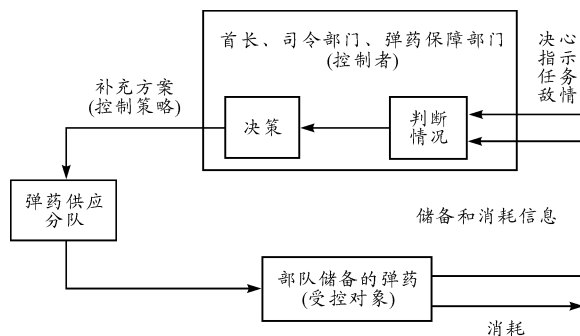


图2 战中弹药供应控制过程

收稿日期: 2011-03-12

作者简介: 郝海飞(1982—), 男, 硕士研究生, 主要从事军事运筹分析研究。

这里的控制对象是部队的弹药储备量。部队弹药储备量是部队武器携行弹药储备和部队车辆运行弹药储备之和。影响部队弹药储备量的是它的输入—弹药补充和输出—弹药消耗,如果根据弹药消耗情况及时进行弹药补充,显然就能控制储备量。可以通过部队发回的报告信息,预测弹药消耗情况,再通过控制补充就能控制储备量。

再从储备、消耗和补充三者之间的关系看,消耗使储备量下降,补充使储备量上升,如果以 Q 、 R 、 E 分别表示储备量、补充量和消耗量,则有下列关系式^[3]:

$$Q_t = Q_0 - \sum_{j=1}^m E_j + \sum_{i=1}^n R_i \quad (1)$$

式中: Q_t 是 t 时刻的储备量; Q_0 是起始时刻的储备量; R_i 是第 i 次补充的弹药量; E_j 是第 j 次消耗的弹药量; m 、 n 分别表示到 t 时刻的补充次数和消耗次数。

显然储备量、补充量和消耗量三者之间存在着函数关系。起始时的储备量是可知的,消耗情况是能够掌握的,那么通过控制补充,就可实现对该过程中某一时刻的弹药储备量的控制,从而实现整个弹药供应过程的控制。由此可以得出结论,从系统的可控性和弹药消耗、储备、补充三者之间的关系都说明弹药供应过程是可以控制。

2.2 定量弹药供应法的基本原理

定量弹药供应是指当弹药储备降到一定水平时,按照固定数量进行补充的方式,其基本原理是:当弹药储备量下降到补充点时,即按预先确定的弹药补充量,经过运输时间,弹药储备量继续下降,到达最低弹药储备时,供应弹药,弹药储备数量上升。

定量弹药供应模型的基本思想可由图3描述,在图中 Q_B 为补充点, R 为弹药补充量, L 为运输时间。图3表明:当弹药储备量下降到补充点 Q_B 时,经过运输时间 L 后,就应该进行批量为 E 的补充,从而保证部队弹药储备,满足作战要求。

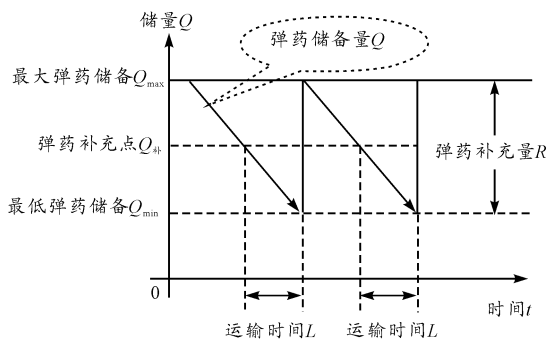


图3 弹药定量供应图

2.3 定量弹药供应 SD 模型变量选取

战场环境中炮兵群弹药储备是随着弹药“消耗—补充”动态变化的过程,影响弹药消耗因素错综复杂,这里主要武器数量和武器射击速度作为影响弹药消耗的主要因素;上一级到下一级的弹药补充考虑运输时间;在对弹药储备控制环节中,主要将最大弹药储备 Q_{max} 、弹药补充量 R 、最低弹药储

备 Q_{min} 、弹药补充点 Q_B 纳入研究的范围。

2.4 定量弹药供应关系图及流图

2.4.1 定量弹药供应因果关系图

由前面介绍可以得出战场弹药供应因果关系,见图4。

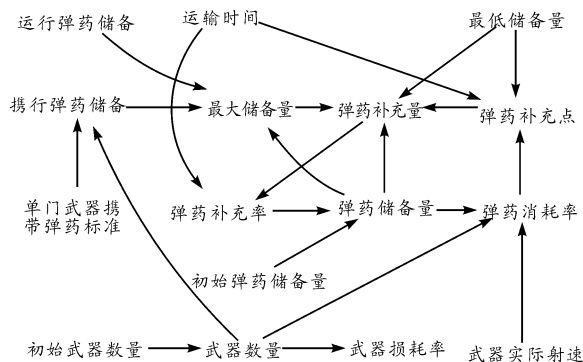


图4 弹药定量供应因果关系

2.4.2 定量弹药供应 SD 流图及其说明

通过对定量弹药供应因果关系分析研究,可以得出定量供应 SD 流图,见图5。

图5所示 SD 模型中加入了一个控制模块,主要功能是对弹药储备量进行适时的控制,其原理是:当弹药补充量为0时,弹药补充率为0;当弹药补充量大于0时,经过运输时间后将弹药补充率赋值为弹药补充量,进过一个步长,弹药补充率赋值为0。

模型中各类变量22个,其中状态变量3个,速率变量5个,辅助变量5个,常量7个,以及2个控制系数:控制系数1是辅助释放计数器的数值;控制系数2是为了防止武器数量降为0,模拟计算仍在进行的不合理情况而设置的一个控制参数。

模型中状态变量及其方程为:

弹药储备量 = INTEG(弹药补充率 - 弹药消耗率, 初始弹药储备)

武器数量 = INTEG(-武器损耗率, 初始武器数量)

计数器 = INTEG(步长1 - 步长, 0)

速率变量及其方程为:

步长1 = IF THEN ELSE(决策因子 <= 0, 0, 1);

步长2 = IF THEN ELSE(决策因子 <= 0, 1, 0) * 控制系数1

弹药补充率 = IF THEN ELSE(计数器 = 运输时间, 弹药补充量, 0)

弹药消耗率 = 武器数量 * 武器实际射速 * 控制系数

武器损耗率 = 0.08 * 控制系数

为了简化模型,这里暂时设定武器损耗率为常数。

辅助变量方程为:

决策因子 = IF THEN ELSE(弹药补充量 > 0, 1, 0)

最大弹药储备 = IF THEN ELSE(携行弹药储备 + 运行弹药储备 > 弹药储备量, 携行弹药储备 + 运行弹药储备, 弹药储备量)

携行弹药储备 = 单门武器携带弹药标准 * 武器数量

弹药补充量 = IF THEN ELSE(弹药储备量 <= 弹药补充点, 最大储备量 - 最低库存点, 0)
 弹药补充点 = 运输时间 * 弹药消耗率 + 最低库存点

控制系数方程为:
 控制系数 1 = IF THEN ELSE(计数器 > 0, 1, 0)
 控制系数 2 = IF THEN ELSE(武器数量 < 0, 0, 1)

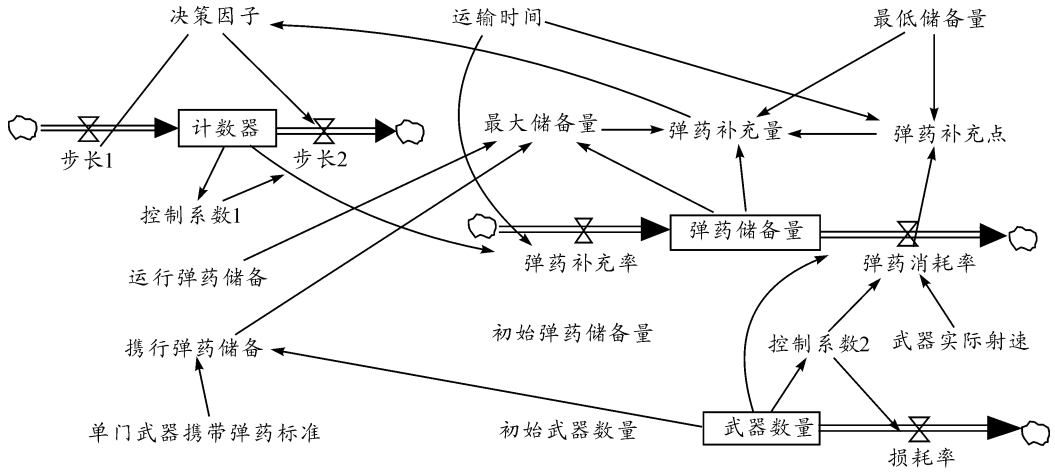


图5 弹药定量供应流

3 仿真实验与数据分析

3.1 基本想定

设炮兵群在战斗前, 运行弹药储备 = 1 500 发, 单门武器携带弹药标准 = 40 发, 初始武器数量 = 54 门, 初始弹药储备 = 2 000 发, 弹药运输时间 = 40, 规定最低储备量 = 800 发, 武器实际射速 = 0.25 发/min。

在 Vensim 平台上运行图 5 所示模型, 得出了不同时节弹药供应曲线图, 见图 6。

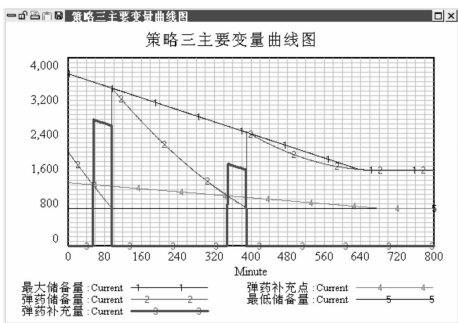


图6 策略三曲线

3.2 数据分析

图 6 中曲线 1 是匀速降低的, 这是因为战斗过程中, 由于武器损失而造成武器携行弹药能力降低, 从而引起部队最大储备能力降低。

由图 6 中曲线 3 可知, 在战斗过程中, 共需补充弹药 2 次。第 1 次从第 56 min 运输, 在第 96 min 补充, 供应弹药

2 556 发; 第 2 次从第 349 min 运输, 在第 389 min 补充, 供应弹药 1 615 发。后方弹药保障分队可根据模型预测的时间节点, 按照合适数量供应弹药, 就能确保部队弹药储备满足战术要求。

由此可知, 模行能够根据部队弹药储备数量以及部队最大储备能力的变化适时对弹药补充数量进行调整、控制, 从而实现对部队精确供应控制。

4 结束语

本文依据战时弹药供应控制的特点, 应用系统动力学方法, 建立了战场炮兵定量弹药供应控制 SD 模型。该模型适合战时弹药应急供应, 增强了战时弹药供应的主动性和针对性, 为战时弹药的供应保障决策提供了依据, 有利于战时各种保障资源的统筹安排和保障力量的预先部署。该模型还可应用于其他作战部队弹药供应决策。

参考文献:

- [1] 赵武奎. 装备保障学[M]. 北京. 解放军出版社, 2000.
- [2] 钟永光, 李旭. 系统动力学[M]. 北京. 科学出版社, 2009.
- [3] 葛涛, 朱小冬, 高鲁. 基于消耗规律的战时弹药供应计划优化研究[J]. 电光与控制, 2009(8): 68-71.

(责任编辑 刘 舫)