

# 基于效果作战炮兵行动指挥控制建模分析

李小全, 孙汉卿

(南京炮兵学院军事运筹教研室, 南京 211132)

**摘要:** 基于效果作战炮兵行动指挥控制与协调复杂, 围绕炮兵行动特点要求, 运用系统动力学理论建立体系作战炮兵行动指挥控制模型, 分析常规打击和基于效果作战两种指挥控制模式下炮兵行动所产生的不同结果及其原因, 给合作战想定仿真验证, 探究体系作战炮兵行动指挥控制的新方式, 为创新指挥控制理论提供方法依据。

**关键词:** 体系作战, 炮兵行动, 指挥控制, 系统动力学, 基于效果

## 0 引言

“基于效果作战”理论的存废之争一直存在着较大的争议, 其核心思想是对敌情的系统了解和准确评估, 它致力于尽可能利用己方的优势, 充分地了解敌人, 预测对方的反应, 并评估行动的效果后再做出行动。从这方面来说该理论本质上是一种思维方式, 而不是一套具体的方法程序<sup>[1]</sup>。基于效果作战指挥控制是一个复杂的、非线性的过程, 运用传统的作战损耗理论, 如常规兰彻斯特方程建模描述交战过程是比较困难的。文章运用系统动力学探究体系作战炮兵行动指挥控制的内在机制及模式, 为创新指挥控制理论探寻方法依据。

## 1 炮兵行动指挥控制流程

指挥控制, 是指挥员及其指挥机关对部队作战或其他行动进行掌握和制约的活动; 指挥与控制相辅相成, 指挥是正向引导, 控制则是反向约束。高效的指挥控制能提高炮兵作战空间认知、作战任务分配、作战效果评估、并将信息优势转化为决策优势与行动优势的能力。基于信息系统体系作战炮兵行动指挥控制是一个循环往复的过程, 它是以允许控制的态势为控制基础, 以精准的火力打击为控制核心, 以毁伤预期效果为控制目标<sup>[2]</sup>。指挥控制流程如图 1 所示。

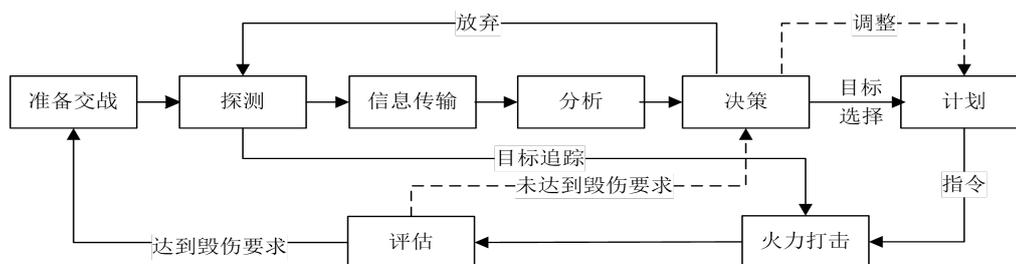


图 1 炮兵行动指挥控制流程

## 2 炮兵行动指挥控制系统动力学模型构建

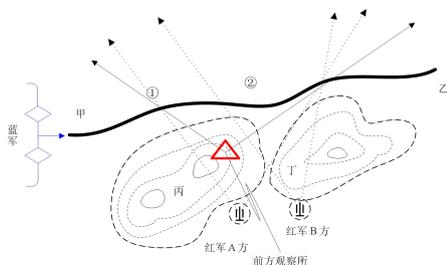
系统动力学(System Dynamics, 简称 SD)是一门分析研究信息反馈系统的学科, 它用回路描述系统结构框架, 用因果关系描述系统要素之间的联系, 用流图描述系统要素的性质及本质规律, 用差分方程对系统进行数学描述。整个分析过程从定性、半定量、定量, 最后又把定量的数学模型利用计算机进行最终模拟分析<sup>[3,4]</sup>。在分析问题上, SD 是以定性分析为先导, 定量分析为支持, 二者相辅相成, 螺旋上升逐步深化、解决复杂问题的方法。

### 2.1 炮兵行动作战态势设定

设定: 红方作战部署完善且占据较为有利态势; 蓝方装备精良, 机动能力强, 侦察预警系统建立完善,

在信息获取、电磁干扰能力上强于红方。×时×分红方发现蓝方有一股装甲纵队将机动至 D 地区，并及时将此情报上报给联合指挥司令部，经分析判断后决定对装甲纵队进行打击，并与红方一个炮兵营及绿方火力构建联合火力打击体系。蓝方装甲纵队约为一个营的兵力，具有实施对抗性电磁干扰的能力，且战斗意志较强。由于地形限制，红方炮兵射界均有限，①号②号地区为红方射击地区。红方对蓝方装甲纵队实施火力打击的机会窗口有限。经侦察分析得知，蓝方装甲纵队大约在×时×分进入红方射击范围，并遭到红绿双方打击，蓝方在遭受火力打击后将加快行军速度，约在×时×分逃离红绿双方攻击范围。其它情况略。

炮兵作战行动态势略图，如图 1 所示。



1 炮兵作战行动态势略图

在明确作战态势后，制定两种作战方案：

方案 I（常规打击模式）：要以毁伤蓝方装甲纵队为重心，抓紧一切时间及机会对蓝方进行打击，也即蓝方进入红方的射击范围时由红方率先进行打击，绿方炮兵前来支援红方作战，并与其构建联合火力打击体系对蓝方进行打击。方案支持者计划以长时间的火力打击来最大化毁伤蓝方行动。

方案 II（基于效果打击模式）：蓝方具有较强的电磁干扰能力，红方率先对蓝方进行打击后，蓝方必定对红方进行强电磁干扰，不仅会影响红方的火力打击效果，还将可能在绿方投入战斗前就影响其作战效果。因此，决定在绿方机动至指定位置后红绿双方同时进行打击，从整体部署上考虑去取得最大作战效果。

### 2.2 炮兵行动指挥控制 SD 模型

根据作战想定以及两种作战方案，建立炮兵行动指挥控制 SD 模型，如图 2 所示。

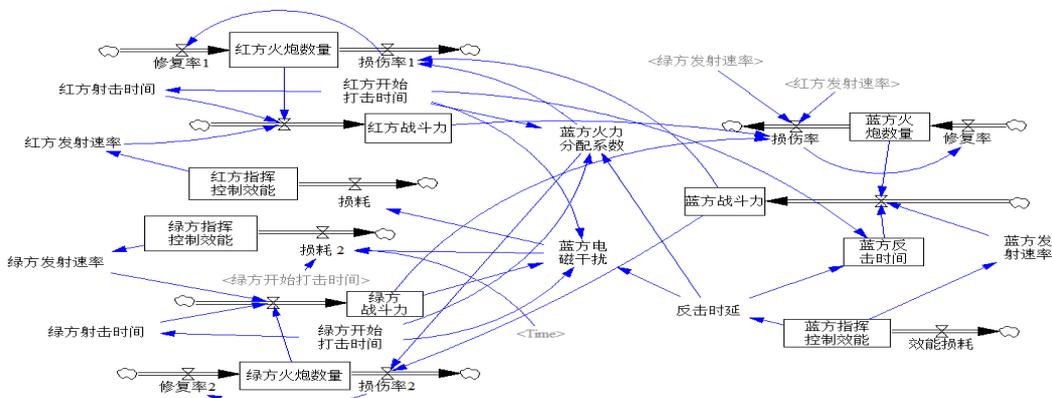


图 2 炮兵行动指挥控制 SD 模型

为了突出红方与绿方遭受反击时的不同效果，模型仿真时设定指挥机关对红、绿双方实施相对独立的指挥控制行动。

### 2.3 关键模型函数建立

(01) 反击时延=WITH LOOKUP(蓝方指挥控制效能, ((0,0)-(1,100)],(0,100),(0.1,40),(0.2,20), (0.3, 10),(0.4,8),(0.5,7),(0.6,6),(0.7,5),(0.8,5),(1,2)))

(02) 红方发射速率=WITH LOOKUP(红方指挥控制效能, ((0,0)-(1,8)],(0,0),(0.1,1), (0.3,2),(0.4,4),(0.5,5),(0.7,6),(1,6)))

(04) 红方射击时间=PULSE TRAIN(红方开始打击时间,2.5,5,18)

(05) 红方指挥控制效能=INTEG(-损耗,0.7)

(06) 红方战斗力=INTEG(IF THEN ELSE(红方射击时间 $\leq$ 0,红方发射速率\*红方火炮数量\*0.01,0),0)

(07) 蓝方电磁干扰=DELAY FIXED(0.09,IF THEN ELSE(绿方战斗力>0,反击时延+绿方开始打击时间,反击时延+红方开始打击时间),0)

(08) 蓝方火力分配系数=DELAY FIXED(0.5,IF THEN ELSE(红方开始打击时间>6,反击时延+绿方开始打击时间,反击时延+红方开始打击时间+1.5),1)

(09) 蓝方指挥控制效能=INTEG(-效能损耗,0.9)

(10) 蓝方战斗力=INTEG(IF THEN ELSE(蓝方反击时间 $\leq$ 0,蓝方发射速率\*蓝方火炮数量\*0.01,0),0)

(11) 绿方发射速率=WITH LOOKUP(绿方指挥控制效能,([(0,0)-(1,8)],(0,0),(0.1,1),(0.3,2),(0.4,4),(0.5,5),(0.7,6),(1,6)))

(12) 绿方指挥控制效能=INTEG(-损耗 2, 0.7)

(13) 绿方战斗力=INTEG(IF THEN ELSE(绿方射击时间 $\leq$ 0,绿方发射速率\*绿方火炮数量\*0.01,0),0)

此外,考虑到火炮的生存概率及其射击方式“机动—射击—再机动—再射击”,建立模型函数:

Pulse train ( $T_0, T_s, T_s + T_b, T_{end}$ ), 式中:  $T_0$ —开始射击时间;  $T_s$ —射击持续时间;  $T_b$ —非射击时间(含行军状态转换时间、机动时间、射击准备时间);  $T_{end}$ —结束时间。

限于篇幅,其它模型函数略。

### 3 模型仿真分析

#### 3.1 仿真背景设定

依据作战想定对模型做如下假设:①红方与绿方均为一个炮兵营(18门),蓝方装甲纵为一个炮兵营(24门),不考虑其他兵种武器与炮兵的作战。②将火炮数量看作是一个连续的实数而不是整数,且火炮要被完全毁伤才能停止射击,一方在完全毁伤1门火炮后,立即把火力转到下一门未被毁伤的火炮上。③由于作战时间较短,故模型未考虑时间对发射速率的影响,发射速率只受指挥控制效能影响。④当遭受红绿双方火力打击时,蓝方会将火力平均分配。

根据两种打击方案,用模型进行仿真比较,方案I(常规打击)火炮1的射击开始时间为第5分钟,火炮2的射击开始时间是第10分钟;方案II(基于效果),火炮1与火炮2的射击开始时间均为第10分钟。

#### 3.2 仿真分析

##### ①两种方案红绿双方射击时间比较

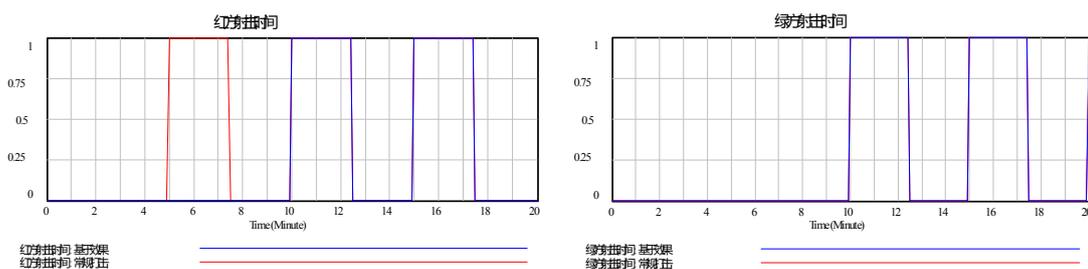


图3 两种方案红绿双方射击时间仿真结果

根据作战想定及模型公式设定,图中取1时的值表示射击时间,取0时表示行军转换、机动及火力准备时间的总和。从图3可知,绿方两种方案射击时曲线重合,即射击时间相同(右图),仿真结束时射击时间均为5分钟;红方方案I比方案II多一次射击时间,即红方方案I火力打击时间多2.5分钟。仿真结束时方案I射击时间为7.5分钟,方案II射击时间为5分钟。

##### ②两种方案红绿双方生存概率比较

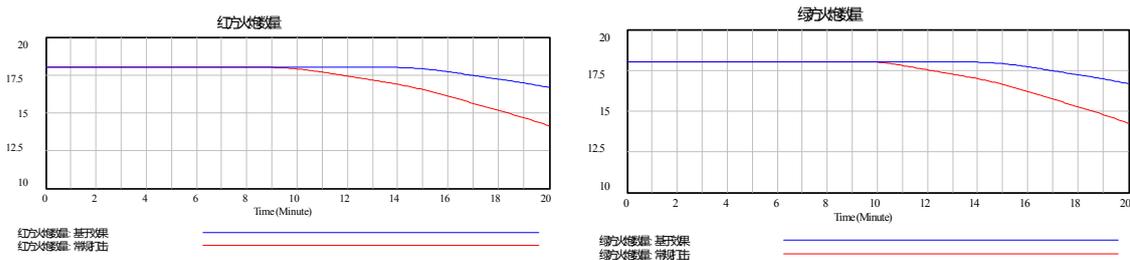


图 4 两种方案红绿双方火炮数量仿真结果

方案 I：红方先行打击，在第 8.5 分钟时遭受蓝方火力反击，故红方在第 8.5 分钟时火炮数量开始减少。绿方在第 10 分钟开始进行火力打击，但由于蓝方已处于反击状态，因此在打击后立即遭受蓝方火力反击，故绿方在第 10 分钟时火炮数量开始减少。仿真结束时红方火炮数量为 14.0 门，生存概率为 77.8%；绿方火炮数量为 14.2 门，生存概率为 78.9%。

方案 II：红绿双方在第 13.5 分钟时火炮数量开始减少，这是由于红绿双方均在第 10 分钟时开始火力打击，蓝方由于反击时延在第 13.5 分钟时开始反击所致。由图 4 可见红绿双方火炮数量减少曲线图形一致，表明遭受蓝方反击的时间与火力大小相同的原因。仿真结束时红绿双方火炮数量均为 16.7 辆，生存概率为 92.8%。

③灵敏度测试

为防止该研究对红方开始打击时间取特殊值而使仿真结果信度和效度降低，故对红方开始打击时间进行灵敏度测试，通过对红方开始打击时间逐一赋值的方式，得出表 1 数值。

表 1 对红方开始打击时间灵敏度测试

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
红方（剩余数量）	9	10.2	11.2	12.2	13.4	14	14.7	15.2	15.7	16.2	16.7
绿方（剩余数量）	12	12.5	12.9	13.3	13.8	14.2	14.7	15.2	15.7	16.2	16.7
蓝方（毁伤数量）	10.5	10.5	10.5	10.6	10.6	10.6	10.7	10.7	12.2	12.8	11.7

由表 1 可知，当红方开始打击时间增长时，红、绿双方的火炮剩余数量和蓝方火炮的毁伤数量都在增加。这是由于方案 II 是从整体打击体系考虑，减少了绿方受电磁干扰的时间，较好发挥了绿方的火力作用。数据也排除了红方开始打击时间取特殊值而带来失真的结果。综合比较两种方案得表 2。

表 2 两种方案综合比较结果

方式	指标	毁伤概率		生存概率		火力打击时间（分）	
		蓝方	红方	绿方	红绿	蓝方	
方案 I		44.2%	77.8%	78.9%	7.5	7	
方案 II		51.3%	92.8%	92.8%	5	4.5	
对比		+7.1%	+15%	+13.9%	-33.3	-35.7%	

仿真结果可知，方案 II，红绿双方的火力打击时间减少了 33.3%，生存概率分别提高了 15%与 13.9%，对蓝方的毁伤概率却提高了 7.1%。故方案 II 优于方案 I，即基于效果指挥控制模式优于常规打击指挥控制模式，这验证了体系作战基于效果构建炮兵行动指挥控制新模式的优越性与可行性。

4 结束语

体系作战中炮兵行动指挥控制与协调复杂多变，文章尝试用系统动力学方法探究常规打击与基于效果作战两种指挥控制模式下炮兵行动所产生的不同结果及其原因，得出较为可靠的结论。对于创新指挥控制理论、提升指挥控制效率具有一定的参考作用。而对于模型中战场信息获取能力、抗电磁干扰能力等对炮

兵行动指挥控制的影响将是下一步研究的重点。

**参考文献：**

- [1] M.J.McCrabb& J.A.Caroli. Behavioral Modeling and Wargaming for Effects-Based Operations[M].Military Operations Research Society, Washington,DC,USA.2002
- [2] 董连山.基于信息系统的体系作战研究[M].北京:国防大学出版社,2012.
- [3] 钟永光.系统动力学[M].北京:科学出版社,2009.
- [4] 李小全,蓝鹏飞,程懿.基于 SD 的网络中心作战炮兵营对抗建模仿真[J].系统仿真学报,2012,24(7):1496-1499.