

doi: 10.7690/bgzdh.2018.12.018

电磁防护对装甲车辆效能评估的影响

许一帆, 曾杨智, 朱万红

(解放军陆军工程大学野战工程学院, 南京 210007)

摘要: 目前装甲车辆效能评估通用标准中存在并未考虑电磁防护, 不能适应武器装备飞速发展的问題。为研究电磁干扰和电磁毁伤对装甲武器系统效能的定量影响, 验证考虑电磁因素的必要性, 笔者以装甲车辆武器为例进行效能评估。采用通用标准中装甲车辆效能分析方法, 通过建模模拟干扰造成的性能下降, 分析电磁干扰对攻击能力和通信指挥能力的影响, 并对干扰效应进行数值仿真。仿真结果表明: 即使只有微小的电磁干扰和电磁毁伤, 也会对作战效能造成严重的影响, 因此武器装备性能评估有必要考虑电磁防护问题, 将电磁防护作为重要的因素加入到评价指标体系中。

关键词: 电磁干扰; 装甲效能评估; 蒙特卡罗仿真

中图分类号: TJ810.3⁺8 **文献标志码:** A

Effect of Electromagnetic Protection on Effectiveness Evaluation of Armored Vehicles

Xu Yifan, Zeng Yangzhi, Zhu Wanhong

(Institute of Field Engineering, PLA University of Army Engineering, Nanjing 210007, China)

Abstract: At present, electromagnetic protection is not considered in the general standard of armored vehicle performance evaluation, it cannot adapt to the rapid development of weapons and equipment. In order to study the quantitative influence of electromagnetic interference and electromagnetic damage on the effectiveness of armored weapon system, and verify the necessity of considering electromagnetic factors, this paper takes armored vehicle weapon as an example to evaluate the effectiveness. The armored vehicles in the general performance analysis method, simulation of interference caused by performance degradation by modeling the effects of electromagnetic interference on the attack ability and communication ability to command, and for numerical simulation of interference effects. The simulation results show that even if tiny electromagnetic interference and electromagnetic damage can also cause serious impact on the operational effectiveness of weapon equipment performance evaluation, so it is necessary to consider the problem of electromagnetic protection, electromagnetic protection as an important factor into the evaluation index system.

Keywords: electromagnetic interference; performance evaluation of armored vehicle; Monte Carlo simulation

0 引言

装甲车辆效能评估根据现用的通用标准进行模拟仿真, 验证了电磁防护的重要性。现有的装甲车辆效能分析方法得到业界认可, 已有十多年没有更新, 而武器装备发展却日新月异, 电磁武器更是飞速发展, 包括 HPM 等多种电磁武器已经成为高效的打击手段, 能够摧毁依赖电子系统工作的武器系统和民用设施, 引起多国军队的高度重视, 所以当今许多先进武器系统的研发也越来越重视对电磁干扰和电磁毁伤的防护。文献[1]建立模糊评判模型; 文献[2]改进了 ADC 方法并应用于某型装甲车辆, 加入了生存力和战场环境因素。也有文献提出了电磁防护对于装甲车辆的重要性: 文献[3]定性地提到

了车辆工作时自发产生的电磁干扰对装甲车辆的危害及防护措施; 文献[4-5]提出了抗电磁干扰的设计。然而, 针对电磁干扰和电磁毁伤对武器系统效能的定量影响研究非常少, 因此, 笔者通过对电磁干扰与毁伤效应建模仿真, 得到数据并分析结果。

1 通用标准中装甲车辆效能分析方法概述

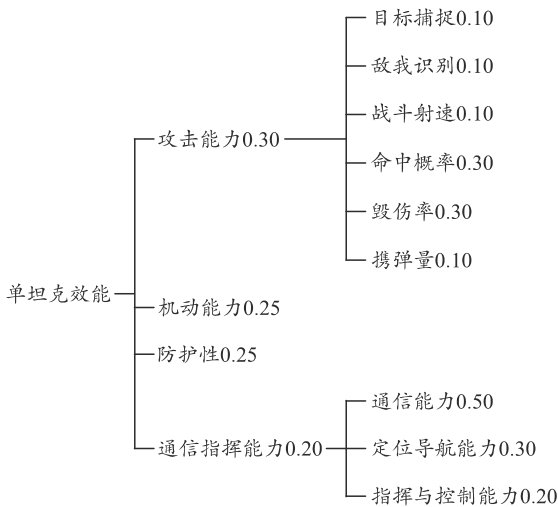
文献[6]中装甲车辆的一级评估指标包括机动力、防护力、攻击能力, 通用标准中增加了通信指挥能力; 文献[1]提出基于打击力、机动力、信息力、防护力、保障力等“五力”的武器装备模糊综合评估模型; 文献[7]建立了仿真平台的设计方案, 指标为机动、通信、侦察、防护, 而将攻击能力单独拿出建模。针对电磁干扰与毁伤涉及指标, 结合通用

收稿日期: 2018-10-18; 修回日期: 2018-11-06

作者简介: 许一帆(1995—), 男, 河北人, 本科, 从事军用数据与知识工程研究。

标准中的评价体系, 笔者采用文献[6]中的数据和评价方法。

根据文献[6], 前 3 个一级指标用 $V_i(i=1,2,3)$ 表示, 各一级指标所属的二级指标用 $V_{ij}(i=1,2,3,4; j=1,2,3,4,5,6)$ 表示, 使得 $\{V_{11}, V_{12}, V_{13}, V_{14}\} = \{\text{履带因子}, \text{两栖因子}, \text{越障因子}, \text{导航因子}\}$, $\{V_{21}, V_{22}, V_{23}, V_{24}, V_{25}, V_{26}\} = \{\text{装甲材质因子}, \text{车辆炮塔因子}, \text{三防效应因子}, \text{防二次效应因子}, \text{物理伪装因子}, \text{主动防护因子}\}$, $\{V_{31}, V_{32}\} = \{\text{单件武器活力指数}, \text{装甲武器的火力指数}\}$ 。而在通用标准中, 单独把通信指挥能力拿出, 作为一个一级指标, $\{V_{41}, V_{42}, V_{43}, V_{44}\} = \{\text{通信能力}, \text{定位导航能力}, \text{指挥与控制能力}\}$ 。可以看出, 文献[1]中的导航因子被归入通信指挥的二级指标, 且文献[1]和通用标准均未将导航因子与机动力相关联。图 1 中显示了各个因子在装甲车辆效能评估的位置和权重。因为电磁干扰对电子设备作用明显, 而通用标准中并未明确文献[4]中对燃油的危害, 所以可认为对机动力和防护能力无直接影响, 图 1 详细列出了与电磁干扰相关的指标及权重, 其余则省略。



2 电磁干扰对各个因子的影响

由于现代化武器中电子设备比重日渐增大, 电磁干扰和电磁毁伤的作用也越来越大。现在已经出现的电磁干扰与毁伤武器, 包括聚变原子弹、高功率微波武器 (high power microwave, HPM)、电子战飞机等武器系统, 其巨大威力已经经过实验验证。信息化战争中, 自动化程度大大提高, 设备严重依赖电子元器件的正常工作, 一旦电子设备受到干扰和毁伤而失效, 武器系统作战效能就会下降; 因此,

有必要研究电磁干扰和电磁毁伤对装甲车辆效能的影响和下降程度。

2.1 电磁干扰对攻击能力的影响建模

现在的装甲和火炮都有电子系统辅助瞄准攻击, 因此攻击能力的效能依赖于电子系统的正常运行。

参考标准, 装甲武器的火力指数为

$$E_f = A_{of} D_f \sqrt[4]{P_{fx} \times P_{fy} \times P_{mz} \times P_{hs}} \quad (1)$$

其中 A_{of} 为火力系统使用可用度, 按下式计算

$$A_{of} = T_{BMf} / (T_{BMf} + T_{Df}) \quad (2)$$

其中: T_{BMf} 为火力系统平均故障间隔时间; T_{Df} 为火力系统平均不能工作时间; D_f 为火力系统可信度, 按下式计算

$$D_f = R_f + (1 - R_f) M_f \quad (3)$$

其中: R_f 为火力系统任务可靠度; M_f 为火力系统任务维修度; P_{fx} 为发现能力因子; P_{fy} 为反应能力因子; P_{mz} 为命中能力因子; P_{hs} 为干扰能力因子。

2.2 电磁干扰对通信指挥能力的影响建模

根据通用标准, 通信指挥能力计算如下:

$$E_c = A_{oc} \times D_c \times C_c \quad (4)$$

式中 A_{oc} 计算如下:

$$A_{oc} = T_{BMc} / (T_{BMc} + T_{Dc}) \quad (5)$$

其中: T_{BMc} 为指挥系统平均故障间隔时间; T_{Dc} 为指挥系统平均不能工作时间; D_c 为指挥系统可信度, 计算如下:

$$D_c = R_c + (1 - R_c) M_c$$

其中: R_c 为指挥系统任务可靠度; M_c 为指挥系统任务维修度; C_c 为指挥能力因子, 计算如下:

$$C_c = 1 - \sqrt[n]{\sum_{i=1}^n S_i (1 - \theta_i)^2} \quad (6)$$

2.3 模拟事项

装甲车辆遭遇电磁干扰或者 HPM 等武器攻击时, 以上各个参数应该根据电磁防护程度, 改变参数数值。

2.4 参数选取规则的确定

参数选取依据文献[6], 具体如表 1 所示。当遭遇电磁干扰时, 应确定参数的变化。

表 1 文献[6]中提供的可参考参数

| 项目参数 | 无电磁干扰 | 有电磁干扰 |
|--------|-------|-------|
| 火炮命中率 | 0.95 | 0.4 |
| 车辆火控因子 | 1.1 | 0.85 |
| 导航因子 | 1.15 | 1.1 |

此外，可以适当改变、调整系统的平均故障间隔时间和平均不能工作时间。

其余各因子在一定取值范围内做一定概率调整，采用均匀分布和正态分布取随机数。

3 仿真方法

笔者采用基于蒙特卡罗方法，对干扰效应做数值仿真。调整各个因子的数值，对电磁干扰前后装甲车辆的效能做对比。步骤如下：

1) 根据电磁干扰原理，查阅相关文献，对因子做一定范围内的随机下降，可以下降到 0(完全干扰失效)；

2) 将得到的因子代入，根据 ADC 方法，得到攻击能力和通信指挥能力的评估值；

3) 与原始评价作对比，看评价结果有无变化以及变化情况。

4 案例分析

表 2 给出与攻击力相关的指数有火力系统平均故障间隔时间、火力系统故障平均修复时间，与通信指挥能力相关的指数有指挥系统平均故障间隔时间、指挥系统故障平均修复时间。权重因子参考图 1 中通信指挥能力部分。根据文献[1]，有制导命中概率为 0.95，无制导则下降到 0.80。没有原始数据的因子，根据实际情况，尽可能不使因子差距太大而得到不具有说服力的结果。

表 2 坦克设计方案

| 项目参数 | 方案 |
|----------------|-----|
| 火力系统平均故障间隔时间/s | 16 |
| 火力系统故障平均修复时间/s | 3 |
| 自动定位导航 | 有 |
| 车际信息系统 | 无 |
| 指挥系统平均故障间隔时间/s | 250 |
| 指挥系统故障平均修复时间/s | 4 |

通过多次仿真实验，得到的仿真结果如表 3。

表 3 有无完备电磁干扰的仿真结果比较

| 项目参数 | 无电磁干扰 | 有电磁干扰 |
|--------|-------|----------|
| 攻击能力 | 0.78 | 0.67(均值) |
| 通信指挥能力 | 0.86 | 0.33(均值) |

根据电磁干扰模拟仿真结果，即使指标受到轻微的干扰而下降，攻击能力与通信指挥能力也会明显下降，会对作战效能造成严重的影响。通信指挥能力受到干扰影响后下降更明显^[8]。

5 结论

笔者探索了电磁干扰对装甲车辆武器效能的影响，得到了具有信服力的结果，微小的干扰也会严重影响武器装备性能。当今战争信息化程度提高，电磁防护的作用和效果更是不能疏忽大意，必须细心谨慎，才能充分发挥武器效能。

装甲车辆的评价标准是已经沿用多年的业界规范，许多装甲车辆的评价方法也落后了；因此，武器装备性能评估有必要考虑电磁防护问题，将电磁防护作为重要的因素加入到评价指标体系中。

参考文献：

- [1] 周华任, 马亚平, 郭杰, 等. 基于五力的武器装备作战能力评估模型[J]. 火力与指挥控制, 2011, 36(2): 11-14.
- [2] 刘芬良, 罗权, 李泽恩. 某型两栖装甲车作战效能评估模型[J]. 火力与指挥控制, 2014, 39(2): 169-172.
- [3] 高飞, 衣英刚, 常明, 等. 装甲装备电磁干扰抑制措施研究[J]. 中小企业管理与科技旬刊, 2011, 11(33): 302-302.
- [4] 夏咏梅, 郭会然. MIC 电源电气管理系统抗干扰设计研究[J]. 车辆与动力技术, 2005, 3(3): 36-38.
- [5] 赵鼎, 方国昌. 轮式装甲车辆动力舱振动测试系统研究[J]. 科技创新与生产力, 2015, 10(10): 110-112.
- [6] 徐贤胜. 陆军信息化武器装备作战效能评估理论与方法研究[M]. 2010: 189-218.
- [7] 狄东宁, 王正元, 岑凯辉, 等. 装甲车辆作战仿真平台设计[J]. 计算机仿真, 2003, 20(3): 22-24.
- [8] 赵龙龙. 抑制尺度靶收发换能器边收边发干扰方法[J]. 兵器装备工程学报, 2017(7): 116-122.