

doi: 10.7690/bgzdh.2020.03.003

自行高炮主动防护能力需求及对策

魏嘉楠, 张振友, 杨军佳

(陆军炮兵防空兵学院郑州校区, 郑州 450001)

摘要: 为解决自行高炮防护相对薄弱的问题, 对其主动防护能力需求及对策进行探讨。通过对自行高炮面临威胁增大和防护能力不足的分析, 提出升级烟幕发射系统、加装反应装甲、采用拦截型主动防护系统 3 个方案, 结合层次分析法来对比 3 种方案的优劣, 从不同角度对自行高炮的主动防护能力进行了研究, 得出升级烟幕发射系统是最优方案的结论。该研究可为提高自行高炮防护能力提供参考。

关键词: 主动防护; 烟幕发射系统; 反应装甲; 拦截型主动防护系统

中图分类号: TJ302 **文献标志码:** A

Application And Countermeasure of Self-propelled Anti-aircraft Gun's Active Protection System

Wei Jia'nan, Zhang Zhenyou, Yang Junjia

(Zhengzhou Campus, Army Academy of Artillery & Air Defense Force, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: In order to solve the problem of relatively weak protection of self-propelled anti-aircraft gun, the application and countermeasure of its active protection ability are discussed. By analyzing the increasing threat and inadequate protection capability that self-propelled anti-aircraft gun, 3 schemes, including upgrading smoke emission system, installing reactive armour, and using ammunition interception system, are proposed. Combine with AHP to compare the pros and cons of 3 schemes. This paper studies self-propelled anti-aircraft gun's active protection from different angles and the conclusion is that upgrading smoke emission system is the best scheme. This study can provide a reference for improving the ability of self-propelled anti-aircraft gun's protection.

Keywords: active protection; smoke emission system; reactive armour; interception active protection system

0 引言

随着现代侦察技术和反装甲技术的发展与广泛应用, 战场侦察监视与反装甲攻击、毁伤能力不断提高, 自行高炮战场生存威胁不断增大。目前, 针对自行高炮的防护多着眼于被动防护, 通过增加装甲厚度、改进装甲材料等手段来实现, 但这种手段会增加自行高炮全重, 降低机动能力, 影响作战效能, 已不能满足作战需要。为创新防护技术, 对以俄罗斯、美国为首的多个国家进行主动防护技术的研究。应用该技术的主动防护系统应运而生, 并迅速成为装甲车辆防护的主要手段, 成为装甲防护发展的主要方向; 因此, 笔者着眼于提高自行高炮主动防护能力, 从需求分析着手, 对自行高炮主动防护能力进行探讨。

1 防护需求分析

1.1 面临的威胁增大

侦察监视威胁增大。现代侦察监视技术凸显出

全方位、立体化、实时性等特征, 大量在先进的光、电、磁侦察装备中广泛应用, 形成了远中近结合、空天地一体的侦察监视系统, 加之察打一体装备的出现, 能实现发现即摧毁。自行高炮作为分队中的重要作战力量, 主要是掩护部队的行军、集结及进攻作战, 遂行伴随掩护任务, 是敌方侦察监视及空袭兵器火力打击的重点对象。随着新技术的出现, 使自行高炮的电磁波、声波等特征数据更易被探测获取, 进而辅助敌空袭兵器完成识别、跟踪、定位、摧毁目标, 必然会给自行高炮战场生存带来新的更大的威胁。

空中威胁增大。随着弹药技术、制导技术的发展, 反装甲武器威力越来越大, 从空中武器到地面武器, 从近程武器到远程武器, 从传统弹药到精确制导弹药, 既可以通过武装直升机、无人攻击机发射反辐射导弹、反坦克导弹等空袭弹药, 对自行高炮等地面目标进行精确打击, 又能利用远程发射炮弹及末敏弹等攻顶弹药进行摧毁^[1]。发动攻击的方

收稿日期: 2019-11-16; 修回日期: 2019-12-30

作者简介: 魏嘉楠(1991—), 男, 河南人, 学士, 助教, 从事装备防护、装备作战运用研究。E-mail: 1184392077@qq.com。

式越来越多，弹药精度越来越高，毁伤能力越来越强，亟需采用新的防护手段，提高自行高炮生存能力。

地面威胁增大。现代战争中，合成营实施纵深打击、击敌要害是较为常用的战法，例如海湾战争中，美第24机步师千里奔袭伊军弹药、油料、物资仓库及机场等纵深防守弱点就是成功实施纵深打击的典型案例^[2]。自行高炮分队主要任务是夺取局部战场的制空权，跟随被掩护对象深入敌方腹地，将会直接面临各型穿甲弹、地面火箭弹对车辆正面、侧面的威胁，以及反坦克地雷等对底部的威胁，防护能力不足的问题更加突出。

1.2 现有防护能力不足

装甲防护薄弱。与坦克、步兵战车等装甲车辆相比，自行高炮防护能力由于受到机动能力、制造成本等限制，车体和炮塔采用防弹钢板的全焊接结构，仅对子弹、破片和冲击波起到一定的防护作用，装甲厚度小，防护能力差。另外，自行高炮顶部的设备防护装甲相对较薄，甚至处于无防护的状态：从探测、制导技术来看，自行高炮顶部的雷达天线电磁波特征明显；火炮自动机等部位红外特征明显；火炮身管、跟踪平台等外形特征明显，使顶部更容易被定位和攻击。

烟幕防护效果差。目前，国内自行高炮的烟幕发射装置安装在炮塔两侧，需要操作手人为判断、手动发射，仅仅能形成小正面、短时间的烟幕屏障，遮蔽效果还远远达不到现代战争的需要。

防护手段单一。目前，我国针对自行高炮的防护主要依靠装甲来完成，手段单一。而现有的反坦克导弹、空地导弹等反装甲武器的威力都远远超过被动式装甲防护能力，对自行高炮的防护研究应从避免被敌武器瞄准、跟踪、命中着手，着力发展主动防护技术应用。这是目前装甲车辆防护的必然趋势，也是自行高炮防护的发展方向。

2 发展主动防护系统

2.1 升级烟幕发射系统

在主动防护和抗毁伤方面，坦克装甲车辆一直具有较高的需求，其主动防护系统可供自行高炮参考。俄罗斯“窗帘”1是定型比较早的软杀伤防护系统之一，当系统探测到激光照射威胁时，能自动发射烟幕弹，形成烟幕屏障，先后装在俄罗斯的T-80U、T-90坦克和乌克兰的T-84坦克上。据称，

“窗帘”1系统能使“陶”“龙”“海尔法”“幼畜”和“铜斑蛇”等导弹的命中率降至原来的1/5~1/4，使“霍特”和“米兰”导弹的命中率降至原来的1/3，使带激光测距机系统发射的炮弹和坦克炮弹的命中率降低至原来的1/3。

目前，日本87式自行高炮已经装备自动式烟幕发射装置，当被敌方激光照射后能发出声光报警，并自动发射烟幕，遮蔽自身。而国内自行高炮虽然配有烟幕弹发射和热烟幕释放装置，但烟幕弹功能单一，多频谱或全频谱干扰能力较弱，仅有8具发射筒，少于“窗帘”系统的12具，烟幕遮蔽范围小，持续时间短。并且烟幕发射时机完全由乘员人工掌握，信息化、自动化程度低，发射时机受操作手的熟练程度、反应时间的影响。在实战环境下，复杂恶劣的战场氛围会对操作手的心理、生理等产生巨大影响，更难以达到平时的训练水平，极大制约了烟幕防护效能的发挥；因此，国内自行高炮急需升级烟幕发射装置，升级为受到威胁自动发射，提高遮蔽防护能力。

升级后的烟幕发射装置包含探测报警装置(当探测到敌方激光等威胁信号后能立刻报警)、信号采集及决策装置以及烟幕发射装置。系统组成如图1。

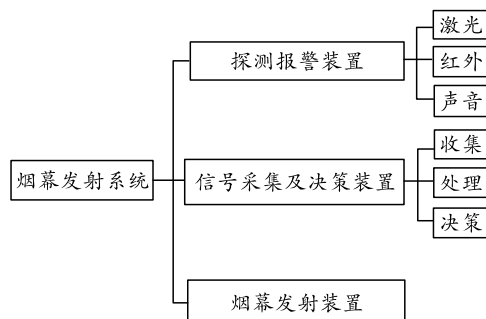


图1 烟幕发射系统组成

该系统通过为自行高炮增加激光、红外告警、光电干扰等辅助防护系统，由自行高炮综合管理计算机综合控制，实现告警、干扰的信息化、自动化，对战场威胁做出准确判断，消除了人为因素的干扰，烟幕发射时机更加精确，反应时间更短，另外，还可以通过采用多频谱烟幕弹，提高烟幕的遮蔽效果，以及自行高炮的战场生存能力。

2.2 加装反应装甲

自行高炮对机动能力要求较高，因此，要在有限的增重下，最大限度地增加装甲防护。爆炸反应装甲具有结构简单、可拆卸、模块化、防护能力强等优点，可根据战斗任务和所需防护部位，按需加

装反应装甲。这样不仅能大幅提高自行高炮的防护能力，而且能兼顾机动性，更好地遂行作战任务。

反应装甲可安装在自行高炮车体和炮塔的前部与侧面等易遭受攻击的部位。在受到穿甲弹的攻击时，破片击穿装甲面板，引爆夹层中的炸药，爆炸动能将两侧的金属板推出，从而减弱炮弹的侵彻作用，降低对自行高炮的破坏。目前俄罗斯“接触”-5 式反应装甲能使聚能弹药穿甲效能降低 20%~50%；乌克兰的“利刃”反应装甲能使其穿甲效能降低 10%。另外美国陆军研究实验室还研发了一种全方位主动防护系统，系统由许多装甲模块组成，每个模块包括 1 块含能装甲、1 个微处理器及 1 个传感器^[3]。传感器用来测定来袭弹药的数据(包括速度、命中点等)，然后微处理器根据采集信息适时引爆含能装甲，抵御来袭弹药。反应装甲基本结构如图 2^[4]所示。

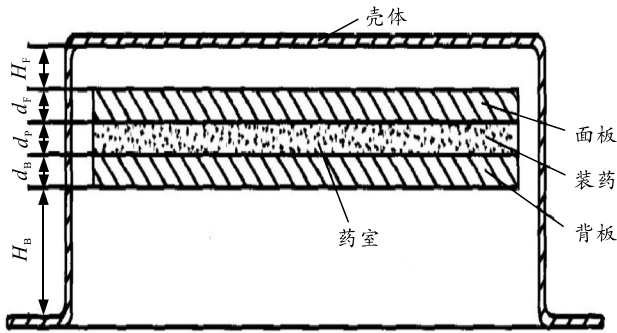


图 2 BLAZER “三明治”结构

反应装甲的缺点也很明显，在发生作用时会产生碎片及冲击波，尤其是反应装甲的背板，有可能损毁自行高炮本身装甲或者产生形变，爆炸产生的冲击波会对车内成员造成影响(耳膜穿孔等)。此外，战车的质量增大，会影响机动性，相应也会减少底盘的寿命；体积增加，导致外部特征更明显，更容易被探测。

2.3 采用拦截型主动防护系统

国内自行高炮没有设计专门的主动防护系统，虽然配有电视、红外、雷达等目标探测装置，但对来袭弹药等高速、小目标的探测能力还较弱，特别是不具备对反辐射导弹和激光制导炸弹的告警功能，而拦截型主动防护系统则能依靠自身的探测模块，在近距离范围内侦测来袭的反坦克导弹、火箭弹等弹药，通过弹药发射装置发射弹药，具有反应时间极短、射程近等特点。它主要作用在被探测、被识别、被命中、被毁伤 4 个环节中的最后一环，通过发射拦截弹药，能够在车体周围一定距离形成

防护圈，摧毁来袭弹药。例如美国研制的“速杀”主动防护系统，能在 150 m 距离以内和 25~150 m 高度摧毁威胁目标；乌克兰的“屏障”主动防护系统，反应时间在微秒级，击毁距离为 2~3 m^[5]，表 1 给出了 3 种主动防护系统的主要参数。

表 1 3 种主动防护系统的参数 (°)

系统名称	鸪	竞技场	战利品
探测模块	毫米波雷达	毫米波雷达	毫米波雷达
安装部位	前端集成	多模块集成	分布式
方位范围	40~80	220~290	360
俯仰范围	20	25	60

从表中可以看出：拦截型主动防护系统的范围广，甚至能达到 360°防护，极大程度提高防护能力。采用拦截型主动防护系统需要在自行高炮上安装以下装置：1) 侦察探测装置，一般采用毫米波雷达；2) 处理决策装置；3) 弹药发射装置，一般安装在炮塔两侧。其中采集的数据包括来袭目标的距离、角度、速度等，而处理决策装置还必须包括判断目标是否具有威胁、决策等功能。

拦截型主动防护系统的优点是防御范围大、弹种多，无论是制导弹药，还是火箭弹、穿甲弹等非制导弹药，都能进行有效的拦截；组成模块化，如乌克兰的“ZASLON”主动防护系统，采用数个模块即可形成全方位防护(包括顶部)。该系统在实际应用中存在以下问题：系统更加复杂，装置更加庞大；造价高，例如“战利品”主动防护系统单价达到 20 万美元左右；且拦截弹药数量有限，再次装填的难度较高；在摧毁敌方炮弹的同时，会产生杀伤破片，对己方人员和车辆会造成一定的损伤，给实际应用带来一定的难度。

3 方案对比分析

无论采用何种方案都以提高自行高炮的生存能力为目标，而目前坦克、装甲车生存能力的高低通常与探测概率、被识别概率、被命中概率、被杀伤概率 4 个要素相关，只有在 4 种概率都很小或者某一概率相对极小的情形下才会有高的生存力^[6]。笔者采用层次分析法来对比 3 种方案的优劣。

建立层次分析模型如图 3 所示。

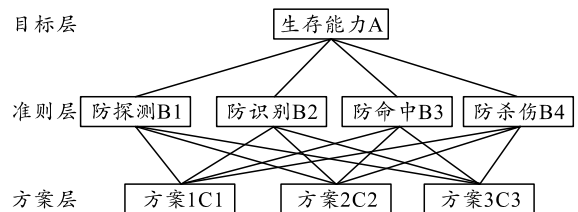


图 3 层次分析模型

其中，方案 1 为升级烟幕发射系统，方案 2 为加装反应装甲，方案 3 为采用拦截型主动防护系统，以下简称方案 1、方案 2、方案 3。为定量显示各要素的重要性能，引进判断标度(1~9 标度法)衡量各要素的重要性。

各要素的重要度采取专家打分的方法确定，可得判断矩阵如表 2 所示。

表 2 准则层对目标的成对比较阵

A	B1	B2	B3	B4	W ₁ (特征向量)
B1	1	7	4	1/3	0.313 1
B2	1/7	1	1/4	1/7	0.046 1
B3	1/4	4	1	1/3	0.132 4
B4	3	7	3	1	0.508 4

根据计算公式：

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}, CR = \frac{CI}{RI}$$

其中： λ 为特征根； CI 为一致性指标； CR 为一致性比率； RI 为随机一致性指标，其值为已知。

计算可得： $\lambda_{1max} = 4.263 7$ ， $CR_1 = 0.098 7 < 0.1$ ，通过一致性检验。方案层对 B1 的成对比较阵如表 3 所示。

表 3 方案层对准则层(B1)的成对比较阵

B1	C1	C2	C3	W ₂ (特征向量)
C1	1	8	9	0.805 8
C2	1/8	1	1/2	0.076 9
C3	1/9	2	1	0.117 3

根据此矩阵计算可得： $\lambda_{2max} = 3.073 5$ ， $CR_2 = 0.070 7 < 0.1$ ，通过一致性检验。

同理可得剩余比较矩阵的计算结果：

1) $\lambda_{3max} = 3.036 9$ ， $CR_3 = 0.035 5 < 0.1$ ，通过一致性检验；

2) $\lambda_{4max} = 3.085 8$ ， $CR_4 = 0.082 5 < 0.1$ ，通过一致性检验；

3) $\lambda_{5max} = 3.018 3$ ， $CR_5 = 0.017 6 < 0.1$ ，通过一致性检验。

最终，通过计算可得方案层对目标层的排序权重： $C1 = 0.400 1$ ， $C2 = 0.203 0$ ， $C3 = 0.396 8$ ，即 $C1 > C3 > C2$ ，因此，升级烟幕发射系统(方案 1)为最佳方案。

3 种方案的优缺点如表 4。

表 4 3 种方案优缺点比较

方案	优点	缺点
1	防探测、识别;360°防护;减少人为因素干扰;对光电武器防护性高	持续时间短;受天气因素影响大;防护能力差(与装甲相比)
2	结构简单;可拆卸;模块化	产生碎片及冲击波;对自行高炮本身装甲有附加伤害;降低机动性;降低装备可靠性
3	防御范围广泛(包括制导弹药和非制导弹药)	系统复杂;重量大;造价高;弹药数量有限;产生杀伤破片

综上可知：方案 1 是兼顾生存能力、可操作性、经济性(可在原来系统上进行升级改造)的最佳方案；而方案 2、方案 3 最主要的问题是会产生破片及冲击波，由于自行高炮自身的装甲比较薄弱，其产生的附加伤害相对较大，应用性较低。

4 结束语

随着自行高炮面临的威胁不断增大，运用主动防护技术解决自行高炮防护薄弱和防护系统信息化水平低等问题，是有效提高自行高炮的战场生存能力的发展方向。主动防护系统在自行高炮上的推广使用，还需要依靠更多的理论研究和实践检验。可以预见，根据未来战争需要设计出适合自行高炮的主动防护系统，可为提高自行高炮防护能力提供参考依据。

参考文献：

- [1] 史海龙, 王晶晶, 李文才, 等. 基于误差投影的着发射高炮毁歼概率计算方法[J]. 兵工自动化, 2018, 37(9): 37-41.
- [2] 王立雄, 李虎. 美陆军合成营进攻行动主要特点[J]. 2018, 3: 37.
- [3] 徐培忠, 王维波. 坦克之盾: 主动防护技术[J]. 军事技术, 2002(5): 39.
- [4] 曹贺全, 徐龙堂. 爆炸式反应装甲[M]. 北京: 兵器工业出版社, 2009: 9.
- [5] 房凌晖, 郑翔玉, 王伦根, 等. 坦克装甲车辆主动防护系统发展研究[J]. 装备环境工程, 2014(2): 64-65.
- [6] 张智智. 反坦克导弹与装甲主动防护系统[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2013: 35.