

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.10.005

防空武器火力控制效能

毕衡光, 熬志刚, 王伟, 王怀晓, 吴海平
(解放军理工大学工程兵工程学院, 南京 210007)

摘要: 根据目标需要掩护的范围和防空武器控制的范围之间的空间解析几何关系, 建立以被掩护的目标与防空武器之间最佳距离、掩护曲面在地面投影区域为指标的防空阵地配置模型。在此基础上, 通过掩护曲面被拦截曲面覆盖的区域在地面投影的面积与拦截曲面在地面投影的面积之比得出防空火力控制效能。该研究可为指挥员在阵地配置问题上提供较为直观合理的方案支持, 最大效能地发挥防空武器的性能。

关键词: 防空武器; 掩护曲面; 火力控制效能

中图分类号: TJ302 **文献标志码:** A

Research on Fire Control Efficiency of Air Defense Weapon

Bi Hengguang, Ao Zhigang, Wang Wei, Wang Huaixiao, Wu Haiping
(Engineering College of Engineering Corps, PLA University of Science & Technology, Nanjing 210007, China)

Abstract: according to the relation of analytic geometry between the required coverage of target and the coverage of air defense weapon, establish air defense weapons positions configuration model whose index is the best distance between the covered target and air defense weapon, covering curved surface's projection in the ground. Basing on these models, according to the ratio between the projection area on ground of the cover surface under protection and the projection area on ground of the intercept surface, we can educe the fire control effectiveness of air defense weapon. The study can offer more visual and reasonable support for the commander on position disposition problem, and it can make the best possible use of the performance of air defense weapon.

Keywords: air defense weapon; cover surface; fire control effectiveness of air defense weapon

0 引言

在现代战争空中打击已成为十分重要的战争手段。它不仅仅是地面进攻的前奏, 而且可为地面进攻的顺利推进和最后胜利创造条件。在未来战争中, 能否有效地防御空中打击已成为国家防御中极为重要的一环。防空武器配置决定了防空武器作战效能的发挥, 在具体确定防空兵器与被掩护目标之间的距离时, 应该使其能最大范围地掩护目标, 这种情况下火力控制效能最大。因此, 笔者对防空武器火力控制效能进行研究。

1 目标需要的掩护范围

目标需要的掩护范围可以看作是以掩护目标为中心的半球形曲面, 此曲面为敌机对该目标的最远投弹位置, 因此要在曲面外成功拦截敌机才算有效, 进入该曲面内空间的敌机, 均可成功打击掩护目标; 防空武器的拦截范围可以看作是以防空武器为中心的半球形曲面, 此曲面为防空武器对敌机最远打击位置, 进入该曲面内空间的敌机, 均会被防空武器成功打击。因此目标需要掩护的曲面被防空武器的拦截曲面覆盖的曲面即为防空武器对此目标的有效掩护区^[1]。此两半球形曲面在地面投影为 2 个圆形

区域, 圆心分别为需掩护的目标和防空武器。

2 防空武器火力控制效能

根据文献[2]中对防空兵火力配系研究的划分, 笔者同样按 2 种情况进行探讨, 其主要目的是求得有效掩护区在地面投影面积, 从而得到防空武器火力控制效能。这里, 定义防空武器对目标的有效掩护区在地面投影面积与防空武器的拦截曲面在地面的投影面积之比为火力控制效能, 即式 (1)。

$$P_k = \frac{S}{\pi d_y^2} \quad (1)$$

2.1 最佳掩护半径小于拦截半径效能分析

最佳掩护半径(d_0)不超过拦截半径(d_y), 如图 1, M 为掩护目标, P 为防空武器, D 为防空武器 P 距掩护目标 M 的距离, d_0 为目标需要掩护的曲面在地面投影的圆形区域的半径, d_y 为防空武器拦截曲面在地面投影的圆形区域的半径^[3]。在此分 2 种情况讨论:

1) 当 $D \leq d_y - d_0$ 时, 目标需要掩护的曲面完全在防空武器的拦截曲面之内, 此时防空武器对此目标的有效掩护区即为目标需要掩护的曲面, 即式 (2)。

收稿日期: 2011-05-28; 修回日期: 2011-07-05

作者简介: 毕衡光(1987—), 男, 河南人, 硕士研究生, 从事战场环境数字化研究。

$$P_k = \frac{\pi d_0^2}{\pi d_y^2} \quad (2)$$

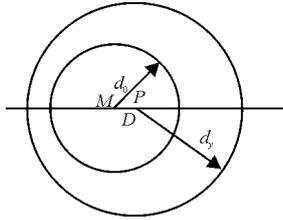


图 1 $D \leq d_y - d_0$

2) 当 $D > d_y - d_0$ 时, 目标需要掩护的曲面被防空武器的拦截曲面覆盖的区域在地面投影区域如图 2, 此时防空武器对此目标的有效掩护区在地面的投影为弦 AB 截得圆 M 右边的区域, 设其面积为 S , 以 2α 为圆心角的扇形区域面积为 S_1 , $\triangle AMB$ 的面积为 S_2 。

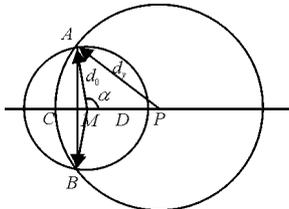


图 2 $D > d_y - d_0$

根据余弦定理可知 $\triangle AMP$ 中的 $\angle \alpha$ 为:

$$\cos \alpha = \frac{d_0^2 + D^2 - d_y^2}{2d_0D} \quad (3)$$

因此 $\alpha = \arccos[(d_0^2 + D^2 - d_y^2) / 2d_0D]$

$$S_1 = \pi d_0^2 \frac{\alpha}{180} = \frac{\pi d_0^2}{180} \arccos[(d_0^2 + D^2 - d_y^2) / 2d_0D]$$

随着距离 D 增大时, α 角逐渐减小, 直至 $D = d_0 + d_y$ 时, α 角减小为 0。由图 2 可知:

当 $90^\circ \leq \alpha < 180^\circ$ 时,

$$S_2 = \frac{1}{2} AM \cdot CM \sin(2\pi - 2\alpha) = \frac{1}{2} d_0^2 \sin(2\pi - 2\alpha)$$

$$S = S_1 + S_2 = \pi d_0^2 \frac{\alpha}{180} + \frac{1}{2} d_0^2 \sin(2\pi - 2\alpha)$$

当 $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ 时,

$$S_2 = \frac{1}{2} AM \cdot CM \sin 2\alpha = \frac{1}{2} d_0^2 \sin 2\alpha = -\frac{1}{2} d_0^2 \sin(2\pi - 2\alpha)$$

$$S = S_1 - S_2 = \pi d_0^2 \frac{\alpha}{180} + \frac{1}{2} d_0^2 \sin(2\pi - 2\alpha)$$

可以得出:

$$P_k = \frac{S}{\pi d_y^2} = \frac{\pi d_0^2 \frac{\alpha}{180} + \frac{1}{2} d_0^2 \sin(2\pi - 2\alpha)}{\pi d_y^2}$$

其中: $\alpha = \arccos[(d_0^2 + D^2 - d_y^2) / 2d_0D]$ 。

综合以上 2 种情况可以得出: 当 $S = \pi d_0^2$ 即 $D \leq d_y - d_0$ 时, 火力控制效能 P_k 取得最大值:

$$P_k = \frac{\pi d_0^2}{\pi d_y^2}$$

2.2 最佳掩护半径大于拦截半径效能分析

最佳掩护半径(d_0)大于拦截半径(d_y), 如图 3。

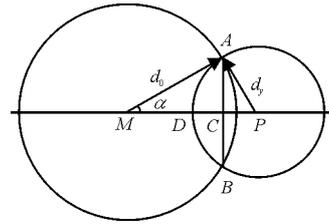


图 3 $d_0 > d_y$

1) 当 $D \leq d_0 - d_y$ 时, 防空武器的拦截曲面完全在目标需要掩护曲面之内, 此时目标需要掩护的曲面没有任何区域被防空武器的拦截曲面覆盖, 即 $S = 0$, $P_k = 0$, 此时防空武器不能对目标实施掩护。

2) 当 $D > d_0 - d_y$ 时, 防空武器的拦截曲面完全在目标需要掩护曲面之内, 目标需要掩护的曲面被防空武器的拦截曲面覆盖的区域在地面投影区域如图 3, 此时防空武器对此目标的有效掩护区在地面的投影仍为弦 AB 截得圆 M 右边的区域, 和之前讨论的第一种情况一样, 设其面积为 S , 以 2α 为圆心角的扇形区域面积为 S_1 , $\triangle AMB$ 的面积为 S_2 。

当 D 从 $d_0 - d_y$ 逐渐增大时, α 角从 0 开始增加, 弦 AB 的长度从 0 开始变大, 当弦 AB 与圆 P 的直径重合时, 弦 AB 的长度取得最大值 $2d_y$, 即 S 也取得最大值, 此时 $D = \sqrt{d_0^2 - d_y^2}$; 之后随着 D 的继续增大, 弦 AB 的长度开始变小, 直至 $D = d_0 + d_y$ 时, 弦 AB 的长度减小为 0。

可以求出:

$$S = S_1 - S_2 = \pi d_0^2 \frac{\alpha}{180} - \frac{1}{2} d_0^2 \sin 2\alpha$$

$$P_k = \frac{S}{\pi d_y^2} = \frac{\pi d_0^2 \frac{\alpha}{180} - \frac{1}{2} d_0^2 \sin 2\alpha}{\pi d_y^2}$$

其中: $\alpha = \arccos[(d_0^2 + D^2 - d_y^2) / 2d_0D]$ 。

综合以上 2 种情况可以得出: 当 $D = \sqrt{d_0^2 - d_y^2}$ 时, S 取得最大值, 即火力控制效能 P_k 取得最大值:

$$P_k = \frac{\pi d_0^2 \frac{\alpha}{180} - \frac{1}{2} d_0^2 \sin 2\alpha}{\pi d_y^2}$$

这时: $\sin \alpha = \frac{d_y}{d_0}$ 。

3 结束语

笔者通过建模和计算, 得到防空火力控制效能, 弥补了文献[4]中模型的不足, 针对防空武器性能、掩护目标等因素, 为指挥员在阵地配置问题上提供了较为直观合理的方案支持, 可最大效能地发挥防空武器的性能。但在实际情况中, 一件防空武器可以同时掩护 2 个以上目标, 这种情况在此未作讨论。同时, 为方便计算, 忽略了遮蔽物、天气、地形等因素的影响, 将在下一步的研究中进行改进。

参考文献:

[1] 许金余, 赵德辉, 宋洪斌. 防空阵地网的理论及应用[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2005.

[2] 武文军, 杨涛, 胡日清, 等. 防空兵群(团)火力配系优化[J]. 火力与指挥控制, 2003, 28(6): 21-24.

[3] 邹海涛, 黄德所, 孙巧玲. 集对分析在防空作战中的运用[J]. 四川兵工学报, 2010, 31(4): 109.

[4] 倪忠仁. 地面防空作战模拟[M]. 北京: 解放军出版社, 2001.

(上接第 3 页)

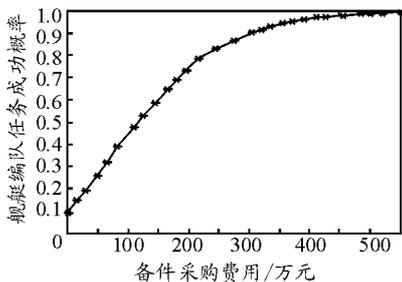


图 2 基于边际效应的备件迭代优化过程

通过对表 3 的备件优化结果进行分析, 得到以下结论: 备件需求主要与舰艇的任务要求的工作数量和装备的可靠性工作要求有关, 如由于驱逐舰 J_2 的任务要求工作的装备数量 K_{mJ_1} 相比驱逐舰 J_1 和护卫舰 J_3 要多, 并且驱逐舰 J_2 的雷达系统 M_2 要求处于串联的工作状态, 没有冗余备份, 不允许缺少备件, 所以驱逐舰 J_2 的 LRU 备件的配置数量也相对较多。

5 结语

优化结果证明: 该方法可以为部队装备保障指挥人员在舰艇编队任务前科学制定保障方案提供决策支持, 从而达到舰艇编队的任务效能和保障费用最佳匹配, 以实现提高舰艇编队任务持续能力、降

低保障机构备件采购费用的保障目标。

参考文献:

[1] 冯中, 杨自春. 典型任务剖面内舰船机电单部件系统备件配置方法研究[J]. 船舶工程, 2005, 27(2): 59-62.

[2] 冯中, 杨自春. 以可用度为中心的舰艇单部件系统备件配置的 Monte-Carlo 仿真方法[J]. 中国造船, 2005, 46(3): 117-120.

[3] 连翠萍, 刘喜春, 李群, 等. 基于仿真优化的飞机维修备件优化问题研究[J]. 计算机仿真, 2006, 23(10): 174-177.

[4] 张衡, 花兴来, 许绍杰. 可修复备件系统库存决策仿真优化模型[J]. 系统工程与电子技术, 2009, 31(6): 1510-1514.

[5] Jie W, Li L. Simulation for Constrained Optimization of Inventory System by Using Arena and OptQuest[C]. 2008 International Conference on Computer Science and Software Engineering, 2008.

[6] Dubi A. The Monte Carlo method and optimization of spare parts in complex realistic scenarios[C]. Annual Reliability and Maintainability Symposium. Newport Beach: 2006.

[7] 王佩高, 金家善. 随舰备件动态管理及备件数量计算模型[J]. 海军工程大学学报, 2005, 17(3): 103-106.

[8] Ross S. Applied probability models with optimizing[M]. San Francisco: 1970.

[9] Ijbf A, Van Eenige MVA, Jac R. Fitting discrete distributions on the first two moments[J]. Probability in Engineering and Informational Sciences, 1995(9): 623-632.