

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.12.002

基于保障场的装备保障力量适应配置模型

古平^{1,2}, 葛涛¹, 籍宝林²

(1. 军械工程学院 装备指挥与管理系, 河北 石家庄 050003; 2. 石家庄陆军指挥学院 军队指挥系, 河北 石家庄 050084)

摘要: 针对装备保障需求和环境的复杂不确定性特征, 从相似性角度引入保障场的思维与方法, 提出基于保障场势的作用范围划分方法, 在此基础上构建了装备保障力量的适应性配置模型, 重点从场理论中势能的角度对保障力量的适应配置进行分析。结果表明, 该模型可使配置过程更具交互性和灵活性, 对装备保障辅助决策具有一定参考价值 and 指导意义。

关键词: 适应配置; 保障力量; 保障场; Voronoi 图

中图分类号: E92; N945.12 **文献标识码:** A

Adaptive Allocation of Equipment Support Force Based on Support Field

Gu Ping^{1,2}, Ge Tao¹, Ji Baolin²

(1. Dept. of Equipment Command & Management, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China;

2. Dept. of Army Command, Shijiazhuang Army Command College, Shijiazhuang 050084, China)

Abstract: According to complexity and uncertainty of support requirements and environment, introduces the concepts of support field from the point of view of comparability, puts forward a method about partitioning service range of equipment support force based on support field potential, analyzes adaptive allocation of equipment support by way of potential energy and establishes the adaptive allocation model of equipment support force. The result shows the model has more adaptive and flexible for allocation and provides reference value and direction to some extent for command decision of equipment support.

Keywords: adaptive allocation; support force; support field; Voronoi diagram

0 引言

在信息化作战中, 由于受大量动态、复杂和不确定因素的影响, 使装备保障需求和保障环境具有复杂不确定性的典型特征, 如何应对这种复杂不确定性, 提高对保障需求和保障环境变化的适应能力, 是信息化作战给装备保障理论研究带来的最突出也是最紧迫的挑战。系统复杂性的根源在于主体的适应性, “感知与响应后勤”理论认为, 只有感知和响应系统实现了柔性化, 系统才能实现响应需求的敏捷性, 才能应对环境变化的自适应性。装备保障力量配置是指根据任务、敌情和地形, 将保障力量布置在适当的位置^[1]。目前在保障力量配置上, 主要依据作战部署及一定的约束条件, 依靠定性判断, 人为经验成份多, 对于不确定的需求及复杂动态的环境变化, 缺乏具体操作性强的配置方法。根据现代物理理论, “场”是指物理量在空间区域的分布, 装备保障具备“场”的基本要素, 其应用范围也进一步拓宽到社会学、经济学等领域^[2-3]。故根据装备保障要素在战场空间的分布以及保障活动的特点, 借鉴物理学中电场的作用机理, 从相似性角度引入场的思维与方法, 以一种新的视角对装备保障理论

进行研究, 着重从场理论中势能的角度对保障力量的适应配置进行分析。

1 保障场的引入

在物理学中, 真空中的一个点电荷在周围形成一个电场, 而且电荷之间的相互作用是通过电场来实现的。由高等物理学可知, 对于电场可以从 2 个角度来描述: 一是从力的角度来描述, 对应的物理量为电场强度; 二是从能量的角度来描述, 对应的物理量为电势。电势是一个标量, 只有大小, 没有方向。如果用电势去描述电场, 则它形成一个标量场, 即电势场^[4]。

在装备保障力量适应配置分析中, 引入电场的相关概念, 认为各种保障要素在一定区域内的分布及由运行而相互产生的影响效应在时空维的空间分布称为装备保障场, 简称保障场。但只是借鉴电场的基本概念, 其具体计算方法并不一定完全与电场的计算公式一致。在保障场模型中, 将保障力量单元和保障对象单元在战场空间上看成一点, 则保障力量和保障对象可以被刻划成点“电荷”。保障力量的保障能力和保障对象的需求程度可以抽象为电荷的带“电量”, 并约定保障力量属性值为正, 保障对

收稿日期: 2010-06-21; 修回日期: 2010-08-06

基金项目: 博士后科学基金项目“基于场的装备保障自适应研究”(20090461421)

作者简介: 古平(1967-), 男, 重庆人, 博士, 讲师, 从事装备保障理论与应用研究。

象属性值为负, 分别对应不同的活动属性。保障力量和保障对象单元值对应的带“电量”越大, 说明保障力量的保障能力越强, 同时保障对象的保障需求越高。

电势场中某点的电势与点电荷的带电量成正比, 与该点到点电荷的距离成反比。对于保障力量所产生的保障势能而言, 可借鉴电势场的公式进行分析。保障场势代表保障能力对周围空间的影响效应分布, 显然, 其影响力随着距离的增大而逐步衰减。保障场内某点势能的大小主要由以下因素决定:

1) 装备保障力量的保障能力

电场中, 点电荷的带电量越大, 一定距离处的电势则越大, 同样, 装备保障力量的保障能力越大, 保障场内一定距离处的保障势能就越大。装备保障能力的大小可通过保障的效果及效率指标综合评定。

2) 到达时间

在电场中, 目标变量在空间的分布值是随距离而变化的。保障场中根据战时装备保障活动的特点, 采用到达时间来衡量两地间的距离, 因为保障活动实施的前提是装备保障力量必须机动至保障对象区域, 而在这个过程中除了空间距离以外, 还有保障力量机动速度的影响。因此, 保障场中的保障势可表示为:

$$P_{ik} = \frac{A_i}{T_{ik}} \quad (1)$$

式中: P_{ik} 为第 i 个保障力量单元在其保障场 k 点上的保障势, A_i 为第 i 个保障力量单元的保障能力, T_{ik} 为第 i 个保障力量单元机动至 k 点的时间。在实际中, P_{ik} 体现了任务的完成能力 (可用完成概率表示)。

2 基于保障场势的作用范围划分

装备保障力量配置的前提, 就是需要确定保障力量的有效作用范围。在保障活动实施中, 保障任务指派一般采用就近保障原则对保障力量作出选择, 依据这种原则, 装备指挥部门对保障力量的保障范围也作出了大致划定。由于战场装备保障力量分布的复杂性, 各种影响因子的交织作用, 传统的依据空间距离远近划分保障力量作用范围的方法值得进一步推敲。在实际战场空间中, 往往存在着若干保障力量, 每一保障力量的周边都存在着与之相应的保障场, 并分别形成一个相对独立的场域空间。保障场势代表了保障力量对周围影响的一种形象刻

画, 装备保障力量影响空间划分以其保障场势的作用范围为依据, 在具体计算时, 以保障场作用效应边界值到保障力量配置点的地面水平距离来表示。

Voronoi 图是一种较好的空间位置关系分析的数学模型^[5-6], 其典型特性是: 对于任一发生元来说, 凡落在其 V 多边形内的空间点均距其最近, 这种特性与装备保障中就近保障原则非常类似, 不同的是, Voronoi 图中 V 多边形的生成是依据空间点距。在建立了保障场的基础上, 借鉴 V 多边形的生成思想, 将保障力量有效作用范围描述为: 对于任一位于范围内的保障对象, 在符合功能与需求匹配的前提下, 保障力量的保障场势大于或等于其它保障力量的保障场势, 即影响作用最大, 如图 1。

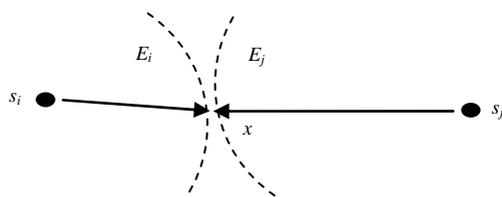


图 1 装备保障力量作用范围划分

定义: 设 x 为平面区域中保障对象的位置点, 则区域 E_i 称为保障力量 s_i 的 V 多边形。

$$E_i = \{x: P(s_i, x) \geq p(s_j, x)\} \quad (2)$$

式中, s_j 为其它保障力量, $P(s, x)$ 为保障力量 s 对位于位置点 x 的保障对象所产生的保障场势。各保障力量的 V 多边形共同组成 Voronoi 图。显然, 保障力量保障能力越大, V 多边形的面积越大, 同时隐含了保障场势随距离衰减率的差异, 相对传统单纯依靠空间距离远近划分保障范围的做法, 基于保障场势的划分方法更符合实际情况。

3 装备保障力量适应配置模型^[7-8]

装备保障力量配置问题是以适应性为优化目标, 针对保障需求的不确定性和保障环境的复杂性, 因此, 适应性目标是保障力量尽可能多的覆盖保障对象, 并在有效的反应时间限制之内提供最佳保障。假设在某地域计划配置 m 个保障力量, 使其保障于该地域的 n 个保障对象。对于某一功能类型的保障力量来说, 适应性目标描述为: 1) 在保障力量数目一定的情况下, 如何布局才能使它们覆盖尽可能多的保障对象; 2) 根据预先设定保障力量的区位分布, 使保障力量与保障对象间的最大“距离”最小化, 其目标在最小化任何保障对象与其最近保障力

量之最大“距离”，这里以抵达时间刻画。

3.1 单个保障力量配置

按照上述配置优化问题的描述，保障力量总是根据“就近”原则服务于保障对象，即要使每个保障力量至其保障范围内最远的保障对象的抵达时间尽可能短，一旦保障对象提出保障需求，要求保障力量能在尽可能短的时间内机动至保障对象位置。

因此可考虑用保障力量作为 V 多边形的发生元划分整个作战地域，将每个保障力量所在 V 多边形作为保障区域，在每一个保障力量 V 多边形内求解满足上述准则的保障力量的最佳位置，实质上是寻求覆盖该多边形内所有保障对象的最小覆盖圆的圆心。对于第 j 个保障力量，假定其作用范围内有 z 个保障对象 (z ≤ n)，则

$$\min \left\{ \max_{p_i \in V_j} \{w_{ij} \times d(s_j, p_i)\}, i = 1, \dots, z \right\} \quad (3)$$

其中， s_j 表示第 j 个保障力量的位置， V_j 表示第 j 个保障力量的 V 多边形， p_i 表示第 i 个保障对象的位置， w_{ij} 是 p_i 处的权重，表示环境因素对距离的影响程度， $d(s_j, p_i)$ 是 p_i 到 s_j 的欧氏距离。

针对单个保障力量的配置问题，由 Shamos 设计的算法具体描述如下：

- 1) 计算点集 $P = \{p_1, p_2, \dots, p_i\}$ 的凸壳 $CH(P)$ ， $i = 1, \dots, z$ ；
- 2) 计算 $CH(P)$ 的直径，设为 $\overline{p_i p_j}$ ，以 $\overline{p_i p_j}$ 为直径作圆 C，如果 P 中的点都在圆 C 内，则圆 C 为所求最小圆，否则转入步骤 3；
- 3) 计算点集 P 最远点意义下的 V 多边形，即 $V_{z-1}(P)$ ；
- 4) 设 v 是 $V_{z-1}(P)$ 中的一个 V 多边形顶点，以 v 至点集 P 中最远点的距离为直径作圆，该圆即为所求最小覆盖圆，其对应的圆心即为保障力量的最佳位置。

3.2 多个保障力量配置

根据保障力量作用范围划分的思路，对于整个作战区域内 m 个保障力量的配置问题，可根据 m 个保障力量的初始位置生成相应的 V 多边形，区分各个保障力量的保障对象。这样，就把上述 m 个保障力量配置的全局求解转化为 m 个 V 多边形中的各个保障力量的单一选址的求解，再对 m 个分区进行调整比较，优选出 m 个保障力量选址的全局的解决方案。

因此，为求得满足配置适应准则的 m 个保障力量的最佳位置，可设计以下迭代过程，如图 2。

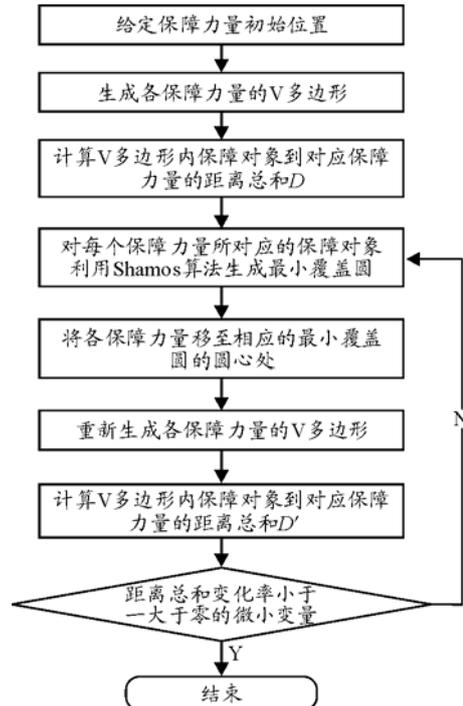


图 2 多个装备保障力量配置分析流程

4 结论

该模型为实现灵活高效保障，提高装备保障的适应性和应变能力提出了指导依据。由于模型所得的配置位置只是一种理论上的最优值，实际应用中还应根据配置原则，如进攻作战适当靠前配置，防御作战适当靠后配置，威胁度较大适当疏散配置等，对生成的保障力量最佳位置作出进一步修正，最终确定其科学合理的空间布局。

参考文献：

- [1] 龚传信. 装备勤务指挥概论[M]. 北京: 解放军出版社, 2004.
- [2] 王娟. 城市绿地生态场效应因素分析[J]. 山西农业大学学报: 自然科学版, 2008, 28(1): 77-80.
- [3] 王子龙, 谭清美. 产业空间经济场研究[J]. 现代经济探讨, 2006(6): 64-67.
- [4] 李志强, 胡晓峰, 司光亚, 等. 基于人工势场的军事态势分析模型[J]. 火力与指挥控制, 2007, 32(4): 5-8.
- [5] 杨霞, 李大军. Voronoi 图的研究现状及发展趋势[J]. 中国西部科技, 2009, 30(8): 6-8.
- [6] 周培德. 计算几何-算法分析与设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [7] 张龙, 周海燕. GIS 中基于 Voronoi 图的公共设施选址研究[J]. 计算机工程与应用, 2004, 40(9): 223-227.
- [8] 杨丽徒, 陈庆文, 王玲. 基于最小覆盖圆的配电网变电站优化选址[J]. 电力系统及其自动化学报, 2008, 20(2): 73-77.
- [9] 康广, 岳强斌, 宋辉. 装备保障训练评估质量分析[J]. 四川兵工学报, 2009(4): 116-118.