

doi: 10.7690/bgzd.2025.02.006

## 基于 HOQ 的远海岛礁防卫地理信息保障需求分析

严中正<sup>1</sup>, 何徐燊<sup>2</sup>

(1. 国防科技大学信息通信学院, 武汉 430010; 2. 中国人民解放军 63766 部队, 云南 西双版纳 666200)

**摘要:** 为有效提升远海岛礁及周边海域防卫综合能力, 提出一种基于质量屋(quality house technology, HOQ)的远海岛礁防卫地理信息保障需求分析方法。根据远海岛礁防卫的作战需求, 利用 HOQ 技术定量分析远海岛礁防卫地理信息保障需求, 建立作战需求与地理信息保障需求间的联系, 实现保障需求定性与定量分析的结合, 提升需求分析的精准度, 并最终得出量化的地理信息保障需求度分析结论。结果表明, 该方法能为各类作战行动对地理信息保障需求的分析提供借鉴。

**关键词:** 远海岛礁防卫; 地理信息保障; HOQ 技术

**中图分类号:** P208.2 **文献标志码:** A

## Analysis of Geographic Information Support Requirements for Offshore Islands and Reefs Defense Based on HOQ

Yan Zhongzheng<sup>1</sup>, He Xucan<sup>2</sup>

(1. School of Information Communication, National University of Defense Technology, Wuhan 430010, China;  
2. No. 63766 Unit of PLA, Xishuangbanna 666200, China)

**Abstract:** In order to effectively enhance the comprehensive defense capability of offshore islands and reefs and the surrounding waters, a method of geographic information support requirements analysis for offshore islands and reefs defense based on HOQ is proposed. According to the operational requirements of offshore reef defense, the quality house technology (HOQ) is used to quantitatively analyze the geographic information support requirements of offshore reef defense, establish the relationship between operational requirements and geographic information support requirements, realize the combination of qualitative and quantitative analysis of support requirements, and improve the accuracy of demand analysis. Finally, the quantitative analysis conclusion of geographic information support demand degree is obtained. The results show that this method can provide reference for the analysis of geographic information support requirements of various combat operations.

**Keywords:** offshore reef defense; geographic information support; HOQ technology

### 0 引言

地理信息作为战争关注的基本要素, 在全流程保障作战、全时空影响作战、全体系融合作战中发挥着重要作用。远海岛礁防卫作战区域特殊、斗争空间多维、参与力量多元, 相对其他作战样式对地理信息保障的需求更多且更为复杂<sup>[1-3]</sup>。近年来, 随着科技、装备和技术的发展, 地理信息保障体系建设得到快速发展, 细化形成了测绘地理、导航时频、气象海洋 3 大类专业保障能力。但目前远海岛礁防卫对地理信息保障的需求分析, 主要来源于与任务部队的需求对接和指挥员的经验判断和主观分析, 缺少精算细算的方法手段和量化分析方式, 一定程度上制约了地理信息保障为作战赋能增效的作用发挥。基于此现状, 笔者引入质量屋(HOQ)技术, 可实现对远海岛礁防卫地理信息保障能力需求的优先

级量化排序, 筛选出核心的保障需求, 全面提升需求分析的科学性和精准性, 辅助指战员更好的分配使用地理信息保障资源, 提高保障效能。

### 1 HOQ 技术

HOQ 技术是一种直观的矩阵表达形式, 是质量功能配置(quality function deployment, QFD)的核心工具, 用于界定顾客需求和产品功能之间的关系<sup>[4]</sup>。

#### 1.1 HOQ 技术逻辑

HOQ 的构造过程是将用户需求转换成产品技术特征的过程, 通过递进关系依次开展以下工作:

1) 分析获取用户需求; 2) 建立用户需求规划矩阵; 3) 整合相关产品技术特征; 4) 研究用户需求和产品技术特征之间的关系矩阵; 5) 对技术特征排序及技术竞争性评估<sup>[5]</sup>。

收稿日期: 2024-07-24; 修回日期: 2024-08-21

第一作者: 严中正(1995—), 男, 江苏人。

### 1.2 HOQ 技术特点

1) 适用面广。目前该技术已广泛应用于交通、医疗、通信、军事等领域的需求分析,以支撑相关技术的规划发展和创新。2) 针对性强。该技术可满足特定作业场景、生产样式下的需求度评判,并能够充分考虑吸收需求者的偏好,将定性问题转化为定量问题<sup>[6]</sup>。3) 关联度高。HOQ 建立的关系矩阵是该技术的核心基础,可将众多要素紧密关联起来,建立科学的强相关。

### 1.3 HOQ 技术用于地理信息保障的需求分析

基于上述技术特点,HOQ 技术用于远海岛礁防卫地理信息保障需求分析体现以下方面:1) 以满足作战需求为出发点,深入分析该行动样式对不同地理信息保障能力的需求,抓住了需求分析的源头<sup>[7]</sup>;2) 运用 HOQ 技术可充分考虑作战编成、部队战斗力、战场空间环境等作战因素并建立科学联系,有助于提高保障的满意度和部队获得感。

## 2 构建远海岛礁防卫地理信息保障 HOQ 模型

构建 HOQ 模型是展开需求计算分析的基础,通过模型的搭建,建立远海岛礁防卫作战需求和地理信息保障能力之间的联系。

### 2.1 HOQ 模型结构要素

该模型结构主要包括以下部分<sup>[8]</sup>:

1) “左墙”:用于分析确定远海岛礁防卫作战行动  $S_i$ 。

2) “右墙”:用于分析确定远海岛礁防卫作战行动重要度  $q_i$ 。

3) “天花板”:用于提出地理信息保障能力  $B_j$ ,即分析远海岛礁防卫作战行动对地理信息保障能力的需求。

4) “屋顶”:用于分析确定地理信息保障能力之间的相关度,形成三角形的相关矩阵  $H$ ,并分析各项能力之间的相互影响。

5) “房间”:用于分析确定远海岛礁防卫作战行动与地理信息保障能力的关系度  $r_{ij}$ 。

6) “地板”:用于分析确定战场环境支援保障能力的重要度  $v_j$ ,其计算公式为:

$$v_j = \sum_{i=1}^n q_i u_{ij}, j = 1, 2, \dots, n; \quad (1)$$

$$u_{ij} = \sum_{u=1}^m r_u h_{uj} \quad (2)$$

式中  $h_{ij}$  为战场环境支援保障能力相关等级。

### 2.2 HOQ 模型构建步骤

构建质量屋主要有以下步骤:1) 组建由岛礁防卫任务部队指挥员、参谋人员和技术人员组成的专家小组;2) 远海岛礁防卫作战行动及重要度的确定;3) 地理信息保障能力的确定和相关矩阵的建立;4) 远海岛礁防卫作战行动能力关系矩阵的确定;5) 地理信息保障能力综合重要度的确定;6) 质量屋的全面评估。构建的远海岛礁防卫作战行动对战场环境支援保障能力需求的质量屋如图 1 所示。

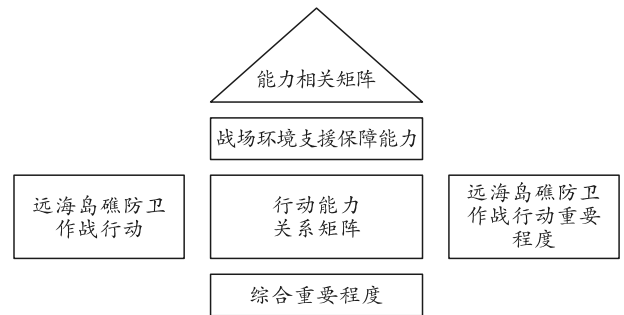


图 1 远海岛礁防卫对地理信息保障能力需求的质量屋

### 3 基于 HOQ 的地理信息保障需求分析

基于以上构建的 HOQ 模型,对远海岛礁防卫各作战阶段地理信息保障能力的需求度大小进行排序。

#### 3.1 远海岛礁防卫作战行动及其重要度

远海岛礁防卫的主要行动集合  $S$  及其重要度  $q_i$  构成了 HOQ 的“左墙”与“右墙”。利用层次分析法(AHP)建立远海岛礁防卫包含的侦察行动  $S_1$ 、抗击行动  $S_2$ 、还击行动  $S_3$ 、稳局行动  $S_4$  共 4 项主要作战行动间的关系矩阵,并计算出相应的权重,即为各项作战行动的重要度  $q_i$ 。

表 1 远海岛礁防卫作战行动及其重要度

行动	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$
$S_1$	1	1/5	1/2	3
$S_2$	5	1	3	4
$S_3$	2	1/3	1	2
$S_4$	1/3	1/4	1/2	1

1) 构建层次评价矩阵:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & q_1/q_2 & q_1/q_3 & q_1/q_4 \\ q_2/q_1 & 1 & q_2/q_3 & q_2/q_4 \\ q_3/q_1 & q_3/q_2 & 1 & q_3/q_4 \\ q_4/q_1 & q_4/q_2 & q_4/q_3 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

2) 构造判断矩阵:通过对  $q_1$ 、 $q_2$ 、 $q_3$ 、 $q_4$  之间相互两两比较,使用 Santy 的 1~9 标度方法如表 2 所示完成判断矩阵  $A$ 。

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 1/2 & 3 \\ 5 & 1 & 3 & 4 \\ 2 & 1/3 & 1 & 2 \\ 1/3 & 1/4 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

表 2 Santy 标度方法

标度	含义
1	表示 2 个元素相比，具有同样的重要性
3	表示 2 个元素相比，前者比后者稍重要
5	表示 2 个元素相比，前者比后者明显重要
7	表示 2 个元素相比，前者比后者极其重要
9	表示 2 个元素相比，前者比后者强烈重要
2,4,6,8	表示上述相邻判断的中间值
1~9 的倒数	表示相应两因素交换次序比较的重要性

3) 一致性检验：由于初始判断矩阵  $A$  中：

$$\frac{q_1}{q_2} \times \frac{q_1}{q_3} = \frac{1}{5} \times \frac{1}{2} \neq 3 = \frac{q_2}{q_3} \quad (5)$$

故不满足一致性，则计算特征向量：

$$\bar{w}_1 = \sqrt[4]{1 \times (1/5) \times (1/2) \times 3} = 0.7401; \quad (6)$$

$$\bar{w}_2 = \sqrt[4]{5 \times 1 \times 3 \times 4} = 2.7832; \quad (7)$$

$$\bar{w}_3 = \sqrt[4]{2 \times (1/3) \times 1 \times 2} = 1.0746; \quad (8)$$

$$\bar{w}_4 = \sqrt[4]{(1/3) \times (1/4) \times (1/2) \times 1} = 0.4518; \quad (9)$$

$$w = (0.1523 \quad 0.5475 \quad 0.2090 \quad 0.0912)^T \quad (10)$$

将特征向量带入公式，计算出最大特征值：

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^4 \frac{(Aw)_i}{nw_i} = \sum_{i=1}^4 \frac{\sum_{k=1}^4 a_{ik} w_k}{4w_i} = 4.2027 \quad (11)$$

表 4 战场环境支援保障能力相关矩阵

能力	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$	$B_7$	$B_8$	$B_9$	$B_{10}$	$B_{11}$	$B_{12}$	$B_{13}$	$B_{14}$	$B_{15}$	$B_{16}$
$B_1$	-	$\Delta$	$\odot$	$\Delta$	$\odot$	$\odot$	$\Delta$	$\Delta$	$\odot$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$
$B_2$		-	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\odot$	$\odot$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$
$B_3$			-	$\odot$	$\odot$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$		$\odot$				
$B_4$				-	$\odot$	$\odot$	$\odot$	$\odot$				$\odot$	$\odot$			$\Delta$
$B_5$					-	$\Delta$	$\odot$	$\Delta$								
$B_6$						-	$\Delta$	$\Delta$				$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$		
$B_7$							-	$\Delta$	$\Delta$				$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	
$B_8$								-	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$
$B_9$									-	$\odot$	$\odot$	$\odot$	$\Delta$			
$B_{10}$										-	$\odot$	$\odot$	$\Delta$			
$B_{11}$											-	$\odot$				
$B_{12}$												-				
$B_{13}$													-	$\odot$	$\odot$	$\odot$
$B_{14}$														-	$\odot$	
$B_{15}$															-	$\odot$
$B_{16}$																-

### 3.3 建立作战行动与战场环境支援保障行动矩阵

根据远海岛礁防卫对战场环境支援保障的需求，拟制需求调查表，由作战一线主官、参谋及地

再进行一致性检验：

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) = (4.2027 - 4) / (4 - 1) = 0.0676 \quad (12)$$

满足当  $n=4$  阶时的随机一致性检验如表 3 所示。

表 3 随机一致性指标 RI

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

$$CR = CI / RI = 0.0751 < 0.1 \quad (13)$$

综上， $q_1=0.1523$ 、 $q_2=0.5475$ 、 $q_3=0.2090$ 、 $q_4=0.0912$ 。

### 3.2 战场环境支援保障能力及其相关矩阵

战场环境支援保障能力集合  $B$  及其相关矩阵构成了 HOQ 的“天花板”及“屋顶”。战场环境支援保障包括空间基准统一能力  $B_1$ 、时间基准统一能力  $B_2$ 、战场环境探测勘察能力  $B_3$ 、战场环境监测能力  $B_4$ 、战场应急测绘能力  $B_5$ 、地理信息服务能力  $B_6$ 、作战目标专题信息保障能力  $B_7$ 、战场环境分析评估能力  $B_8$ 、导航定位保障能力  $B_9$ 、导航信号监测能力  $B_{10}$ 、导航功率增强能力  $B_{11}$ 、导航干扰与反干扰能力  $B_{12}$ 、气象海洋探测监测能力  $B_{13}$ 、气象海洋预报预警能力  $B_{14}$ 、气象水文信息处理分析能力  $B_{15}$ 、天气干预控制能力  $B_{16}$  共 16 项能力。

如表 4 所示的相关矩阵  $H$  中： $\odot$  表示强相关，等级数为 5； $\Delta$  为中等相关，等级数为 2；空白为弱相关，等级数为 1。

理信息保障部队官兵组成专家组，对作战行动与支援措施的相关性进行打分，再通过加权平均得出作战行动与支援措施的相关矩阵  $R$  如表 5 所示。

表 5 远海岛礁防卫各作战行动与支援保障行动相关矩阵

行动	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>	B <sub>7</sub>	B <sub>8</sub>	B <sub>9</sub>	B <sub>10</sub>	B <sub>11</sub>	B <sub>12</sub>	B <sub>13</sub>	B <sub>14</sub>	B <sub>15</sub>	B <sub>16</sub>
S <sub>1</sub>	9	9	8	9	8	8	8	7	9	9	6	8	8	9	9	5
S <sub>2</sub>	9	8	8	9	7	8	9	9	9	8	7	6	8	8	9	6
S <sub>3</sub>	9	9	9	9	7	8	9	9	9	8	6	7	8	9	8	5
S <sub>4</sub>	9	9	8	8	6	9	9	8	8	9	7	9	8	8	8	7

### 3.4 求解战场环境支援保障能力的重要程度

根据式(1)和(2), 求出战场环境支援保障能力对于远海岛礁防卫的重要程度。

$v_j=(335.532\ 9, 291.274\ 5, 303.179\ 8, 371.150\ 5, 286.310\ 1, 258.140\ 9, 259.720\ 0, 266.240\ 6, 309.601\ 0, 277.079\ 8, 243.537\ 3, 242.794\ 8, 339.414\ 8, 265.430\ 0, 250.292\ 3, 224.578\ 5)$ 生成柱状如图 2 所示。

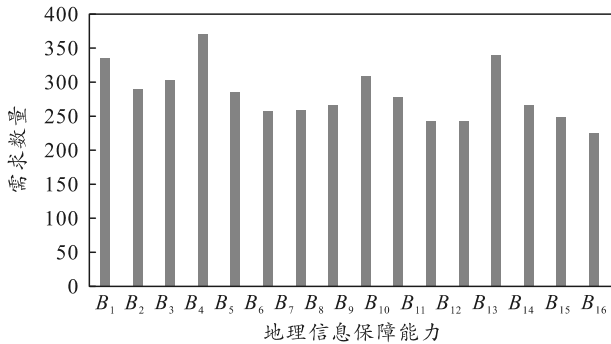


图 2 远海岛礁防卫对地理信息保障需求大小

### 3.5 结果分析

远海岛礁防卫对 16 项地理信息保障能力的需求大小各不相同, 但通过图表可以分析出以下规律特点: 1) 远海岛礁防卫对测绘地理类地理信息保障总体需求度相对较强, 对导航时频、气象海洋类地理信息保障总体需求度相对较弱, 需做好传统测绘领域的保障, 但也要关注导航、气象相关新质领域的保障。2) 战场环境监测、气象海洋探测监测、空间基准统一、导航定位保障等保障能力需求优先级排序相对靠前, 体现出远海岛礁防卫全方位的保障需求, 保障实施难度较大, 需要相关职能部门做好保障协同, 特别针对优先级靠前的保障需求, 做好测绘、导航、气象 3 大专业领域内部力量的合理分配。3) 导航干扰与抗干扰、天气干预控制能力的需求度相对较低, 但也要注意相关能力的发展趋势以及在国际上的研究运用, 做好相关应对能力的储备,

避免陷入被动。

## 4 结束语

地理信息保障已经深度融入到远海岛礁防卫等作战样式中, 受到各级指挥员越来越多的关注和重视, 全面践行地理信息保障定时空、绘天地、导航向、测目标、观风云、探海洋、控环境、保打赢的使命任务已成为当务之急。如何统筹地理信息保障资源, 合理分配测绘地理、导航时频、气象海洋 3 大类地理信息保障力量, 是解决有效融入作战的关键。该研究运用 HOQ 技术来定量分析远海岛礁防卫地理信息保障需求, 实现保障需求定性分析与定量分析的结合, 进一步提升了需求分析的精准度, 为各类作战行动对地理信息保障需求的分析提供了范例。

### 参考文献:

- [1] 黄义, 余家祥, 杨绍清. 基于固定虚拟点的舰炮对海远程虚拟校射研究[J]. 兵工自动化, 2023, 42(1): 1-3.
- [2] 樊辉锦, 巫银花, 宋勇, 等. 海上编队防空作战行动效能评估方法应用统计分析[J]. 兵工自动化, 2023, 42(5): 82-87.
- [3] 王岳, 陈晨, 张文利, 等. 美国海军模拟训练系统应用现状分析与启示[J]. 兵工自动化, 2023, 42(11): 64-67.
- [4] 李跃生, 邵家骏, 苗宇涛. 质量功能展开技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2011: 1-3.
- [5] 张杰, 唐宏, 苏凯. 效能评估方法研究[M]. 北京: 国家工业出版社, 2009: 16-80.
- [6] 谈士力, 宋晓峰, 王妹婷. 基于 HOQ 关系矩阵的用户需求重要度确定方法[J]. 机械设计, 2007(6): 10-31.
- [7] 崔帅豪. 太空信息支援下联合边境自卫作战方案仿真评估[M]. 北京: 航天工程大学航天指挥学院, 2021.
- [8] 王日君, 张进生, 葛培琪, 等. 面向设计的产品模块划分方法[J]. 武汉理工大学学报, 2011, 9(1): 19-24.