



□ 站内搜索 □

请输入查询的字符串:

==> 综合查询 <==

标题查询  内容查询

查询

重写

行业动态

政策法规

救捞技术

学会活动

水下技术

海工技术

综合技术



学会文章

€ 自动滚屏 (右键暂停)

## 失事船舶拖带方案的优化决策模型

发布时间: 2004-9-19 9:01:20 被阅览数: 1652 次

武汉海军工程大学 蔡一轮 浦金云

**摘要** : 本文对失事船舶拖带方案的优化决策作了一些有益探讨, 包括优化决策理论的选择, 影响船舶拖带安全的相关指标及指标权重的计算方法, 并根据多目标决策理论建立了衡量拖带方案优劣的综合指标, 从而建立了失事船舶拖带的方案的优化决策模型, 并进行了实例验证, 证明了该模型可行性较好, 并已编程实现, 该决策模型能根据实际情况选定更多的供决策的相关指标, 进行扩展, 对实施失事船舶拖带的方案的优化选择有一定的参考价值。船舶在复杂海况的情况下, 可能失事。如: 搁浅、触礁、碰撞、破损进水等多种原因, 可能造成失事船舶丧失动力, 而不能依靠自身的力量回到港口或安全地到达目的地, 这时就需要对失事船舶实施拖带, 将其安全经济的拖往安全地点, 进行修理, 恢复失事船舶的航海性能将是必不可少的选择。

然而如何将失事船舶既经济又安全的拖往安全的修理地点, 考虑的因素不同, 拖带方案也会多种多样, 如何在众多的拖带方案中, 通过相关的决策模型, 选择一个最优的拖带方案, 供实施拖带的决策者参考, 这对确保拖带的安全、节约拖带过程的时间和花费, 具有重要的理论和现实意义, 本文将就这些方面作一些有益的探讨。

### 1, 选择优化决策理论

失事船舶拖带方案选择并不能用最优化理论对单一拖带指标进行优化而产生一个唯一的最优的方案。而是一个多指标与多方案的优化决策问题。

如: 一方面针对船舶的某一种破损状态, 可供选择的拖带的可行方案很多, 这就需要在多个方案的情况下依据一定的理论选出一个比较好的方案供决策者参考, 这就是一个多方案决策问题。

另一方面船舶的拖带涉及的衡量指标很多。如就船舶的拖带安全而言, 失事船舶的最小干舷高很小时, 即贮备浮力很小, 船舶容易沉没; 船舶的横初稳度很小时, 船舶容易倾覆; 船舶横倾过大或纵倾过大, 船舶也容易沉没; 船舶的大角稳性很小时, 对船舶的拖带过程中的抗沉性和抗风浪性也极为不利。因此失事船舶拖带方案的产生涉及的衡量指标很多, 失事船舶拖带方案的优化目标, 就是尽量使每一个拖带船舶方案的衡量指标都达到较高的水平。然而各项拖带船舶方案的衡量指标又相互制约, 不可能同时达到最优。如在出现负初稳度或船舶的初稳度很小的情况下, 为提高船舶的初稳度进行底仓压载, 这样可以提高船舶的初稳性, 但必然会导致船舶吃水增加, 最小干舷高减小, 贮备浮力降低。在多个目标不能同时达到最优的情况下, 如何综合各个方面因素采取一

定的理论方法，使综合的拖带船舶方案的衡量指标达到总体较优的决策，即是一个多目标决策问题。

综上所述，失事船舶拖带方案的优化决策问题，实际上是一个多方案多目标决策问题。又由于对失事船舶拖带方案的数量是有限个数，所以在此采取有限个方案的多目标决策理论对失事船舶拖带方案的优化决策进行建模和评优。

## 2, 失事船舶 拖带方案的优化决策模型建立

应用多目标决策理论建立失事船舶拖带方案的优化决策模型的一个显著特点，是解决了目标间的不可公度性和矛盾性。所谓目标间的不可公度性是指拖带船舶方案的衡量指标之间往往没有统一的度量标准，因而难以比较。如船舶的横倾角和初稳性就不能用统一的单位进行度量，它们之间是不可公度的。拖带船舶方案的衡量指标间的矛盾性是指如果采用一种方案去改进某一衡量指标的值，可能会使另一衡量指标的值变坏，如进行底舱压载有利于初稳度提高，但却使贮备浮力下降。

运用多目标决策理论和方法建立失事船舶拖带优化决策模型，就是想办法克服目标间的矛盾性，便于科学决策。

### 2.1 决策矩阵确定

要解决失事船舶拖带方案的优化决策，这一个多目标决策问题，首先应根据船舶拖带的特性，把那些高度概括但又相当含糊的目标转化为更具体的拖带衡量指标。然后，确定目标集，构造一个适宜的模型，最后，对由模型产生的各种可行的方案进行比较分析，利用优化的方法进行排序选优，提供一个最优的方案供决策者参考。设对某一个失事船舶的拖带有  $m$  个可行的方案，每个方案必须考虑  $n$  个拖带衡量指标属性。用  $S$  去记可供选择的方案集，用  $X$  去记可供选择的方案集的属性的值，其中  $x_{ij}$  是第  $i$  个方案第  $j$  个属性的值，如用目标函数表示属性，则：

$$x_{ij} \quad (1)$$

各方案的属性值可用矩阵表示，这个矩阵称为初始决策矩阵，它提供了对拖带失事船舶方案进行优劣分析的基础。对失事船舶拖带方案优化决策模型，构造如表 1 所示初始决策矩阵：

表 1 失事船舶 拖带方案优化 决策初始决策矩阵

目标集	成本型目标		效益型目标				
方案集	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$	$x_{15}$	----	第 $n$ 个目标
$S_1$	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$	$x_{15}$	----	$x_{1n}$
$S_2$	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$x_{24}$	$x_{25}$	----	$x_{2n}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	----	$\vdots$
$S_i$	$x_{i1}$	$x_{i2}$	$x_{i3}$	$x_{i4}$	$x_{i5}$	----	$x_{in}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	----	$\vdots$
$S_m$	$x_{m1}$	$x_{m2}$	$x_{m3}$	$x_{m4}$	$x_{m5}$	----	$x_{mn}$

在上表中  $S_i$  为第  $i$  个方案， $x_{ij}$  为采取第  $i$  个方案后计算出新的拖带船舶方案的衡量指标值。

其中：

$|x|$ —拖带方案造成失事船舶产生的横倾角，单位（度）。

$|y|$ —拖带方案造成失事船舶产生的纵倾角，单位（度）。

$|x|$ 、 $|y|$ 对被拖带的失事船舶而言，越小越好，属于多目标决策理论中的成本型目标。

$z$ —拖带方案造成失事船舶产生的最小干舷高，单位（米）。

$u$ —拖带方案造成失事船舶产生的横初稳性高，单位（米）。

$v$ —拖带方案造成失事船舶产生的扶正力臂的大小，单位（米）。

$z$ 、 $u$ 、 $v$ ，对被拖带的失事船舶而言，越大越好，属于多目标决策理论中的效益型目标。

在上面的决策矩阵同时具有两种目标，因此不便于比较，所以要采用一定的方法把方案衡量指标的属性值进行规范化，即把属性值都统一变换到（0，1）范围内，属性值越接近1，则该项指标越好，否则越坏，这样便于方案属性值间的比较。

## 2.2 初始决策矩阵归规范化方法

表 2 归规范化后的决策矩阵

目标集	成本型目标		效益型目标				
方案集	$ x $	$ y $	$z$	$u$	$v$	---	第 n 个目标
$z_1$	$ x_1 $	$ y_1 $	$z_1$	$u_1$	$v_1$	---	$z_n$
$z_2$	$ x_2 $	$ y_2 $	$z_2$	$u_2$	$v_2$	---	$z_n$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	---	⋮
$z_m$	$ x_m $	$ y_m $	$z_m$	$u_m$	$v_m$	---	$z_n$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	---	⋮
$z_n$	$ x_n $	$ y_n $	$z_n$	$u_n$	$v_n$	---	$z_n$

### 2.2.1 初始决策矩阵中效益型目标规范化公式：

$$z_{ij} = \frac{z_j - z_{ij}}{z_j - m_j} \quad (2)$$

式中：

$m_j$ —对应  $m$  个拖带方案初始决策矩阵中第  $j$  列，即第  $j$  个衡量指标的属性的最小值。

$z_j$ —对应  $m$  个拖带方案初始决策矩阵中第  $j$  列，即第  $j$  个衡量指标的属性的最大值。

$F$ —成本型目标数。

$n$ —效益型目标数。

### 2.2.2 决策矩阵中成本型目标规范化公式：

$$\begin{matrix} \times \\ \times \end{matrix} \quad (3)$$

### 2.3 构造权矩阵

在多目标决策问题中有一个重要信息需要参考，就是目标的相对重要性，如同时存在稳性低和贮备浮力差的情况下，哪个相对更重要一些。多数分析方法通过对各目标的属性加权去反映目标的相对重要性，愈重要的目标加权愈大。

表 3 目标相对重要性取值表

相对重要程度	定义	解释
1	同等重要	决策人认为两个属性同样重要
3	略微重要	决策人由经验或判断认为一个属性比另一个略微重要
5	相当重要	决策人由经验或判断认为一个属性比另一个重要
7	明显重要	决策人深感一个属性比另一个重要，且已被实践证明
9	绝对重要	决策人强烈地感受到一个属性比另一个重要，且已被实践反复证明

本文采用权的最小平方法，把目标的重要性作成对比较，根据 失事船舶 拖带方案优化 决策初始决策矩阵中的  $n$  个指标间相对重要程度，请相关专业的专家构造指标间的权矩阵。如果目标有  $n$  个，共需比较  $\times$  次。把第  $i$  个目标对第  $j$  个目标的相对重要性的估计值记作  $a_{ij}$  并近似的认为这就是属性  $i$  的权  $w_i$  和属性  $j$  的权  $w_j$  的比  $\frac{w_i}{w_j}$ 。  $n$  个目标成对比较的结果用矩阵  $A$  表示：

$$\begin{matrix} \times \\ \times \end{matrix} \quad (4)$$

如果决策者对  $\frac{w_i}{w_j}$  的估计一致，则：

$$\begin{matrix} \times \\ \times \end{matrix} \quad (5)$$

如果决策者对  $\frac{w_i}{w_j}$  的估计不一致，则只有：  $\frac{w_i}{w_j}$  (6)

因此  $w_i$  的值并不为 0，但可以选择一组权  $w_i$  使误差的平方和最小，即：

$$\begin{matrix} \times \\ \times \end{matrix} \quad (7)$$

上式中权  $w_i$  受约束于：  $\begin{matrix} \times \\ \times \end{matrix}$  (8)

如果用拉格朗日乘子法解此有约束的纯量优化问题。则拉格朗日函数为：

$$\text{[red X]} \quad (9)$$

将上式进行对  $\lambda$  微分，联立 (8) 得到下式：  $\text{[red X]}$  (10)

式中：  $\text{[red X]}$ ；  $\text{[red X]}$  (11)

$$\text{[red X]} \quad (12)$$

由上面公式可求得权  $\text{[red X]}$  一组唯一的解，即为目标的权重。

#### 2.4 对失事船舶 拖带方案 构造目标效益综合指标

$$\text{[red X]} \quad (13)$$

式中：  $W_j$ —第  $i$  个拖带方案第  $j$  的目标或衡量指标的权重。

$q_{ij}$ —第  $i$  个拖带方案第  $j$  的目标或衡量指标经过规范化后的属性值。

$u_i$ —第  $i$  个拖带方案的目标效益综合指标。

#### 2.5 运用目标效益综合指标确定最佳拖带方案

如果  $m$  个拖带方案中的第  $j$  个方案的目标效益综合指标  $\text{[red X]}$  最大，即：

$$\text{[red X]} \quad (14)$$

则第  $j$  个方案为最佳拖带方案。

#### 2.6 应用该数学模型编写程序

运用该模型在 VB 的开发环境下，编制了相关的失事船舶拖带方案综合选优辅助决策程序，并在其编译环境下运行通过。在程序中只要给出方案集，及其对应的衡量指标集，无论方案多少，都能通过本程序选出一个最满意方案，并可对方案按优劣排序，把排在最前面的最优的方案提供给决策者参考，便于决策者，在复杂的情况下，迅速作出正确科学的决策。

程序使用方法：

(1)调出并运行该程序。

(2)屏幕出现  $M, N, F=?$  此时输入  $M, N, F$  对应数值， $F$  为成本型目标数， $N$  为供决策的目标数，注意成本型目标集中放在决策矩阵的前几列，便于简化程序。

(3)输入完 M, N, F 后按“Enter”键,将出现  $Y(I, J) = ?$  按行输入参数指标值,读入  $\square$  构成矩阵。

(4)出现  $W(J) = ?$  按要求输入权矩阵。

(5)而后程序自动运行在屏幕下方打印出方案排序及  $\square$  值,为决策者提供一个最佳决策。

(6)“是否重新开始?”,选择“是”,则程序从新开始;选择“否”,则退出程序运行状态。

### 3, 实例验证

为了简单和物理意义明确的分析该模型的可行性,这里决定采用影响船舶安全性最常用的四个指标:横倾角 ( $\square$ )、纵倾角 ( $\square$ )、初稳度 (h)、最小干舷高 (Fmin),作为对失事船舶进行拖带的初始决策矩阵的衡量指标。

则目标数  $N=4$ , 成本型目标数  $F=2$ , 方案数  $M=3$ , 构造目标间的相对重要性表格如表 4:

表 4 目标间的相对重要性

	$\square$	$\square$	h	Fmin
$\square$	1	3	1/7	1/5
$\square$	1/3	1	1/9	1/7
h	7	9	1	3
Fmin	5	7	1/3	1

这四个指标的权重根据前面介绍的最小平方法求解,得出:

$$\square \quad (15)$$

则权的相对重要性矩阵为:

$$\square$$

$$\lambda = -0.0868 \quad (16)$$

所求权重分别为  $w_1 = 0.0777$ ,  $w_2 = 0.0547$ ,  $w_3 = 0.6225$ ,  $w_4 = 0.2451$ 。




为了便于进行分析,在此对某个失事船,设定 3 个比较特殊的拖带方案来验证所建模型和所编程序的正确性。

表 5 决策矩阵及优化决策排序结果

抗沉决策矩阵	$\square$ (度)	$\square$ (度)	$\square$ (米)	$\square$ (米)	各拖带方案目标 效益综合指标 $u_i$	按方案优劣重 新排序结果
四个目标权重	0.0777	0.0547	0.6225	0.2451		
拖带方案 1	1	2	0.5	1.21	0.8458	拖带方案 3

拖带方案 2	10	1	0.2	0.8	0.4200	拖带方案 1
拖带方案 3	0.5	0.9	1.2	1.18	0.9532	拖带方案 2

由上表可知，根据各拖带方案目标效益综合指标  $u_i$  的大小，方案优劣排序为：拖带方案 3，拖带方案 1，拖带方案 2。

分析：拖带方案 3，由于在实施拖带之前，已经采取了合理的调整失事船舶的载荷分布的措施，如进行底舱压载提高了效益型衡量指标，使  $h=1.2m$ ，为 3 个方案中相应指标最大的一个，同时其成本型衡量指标 、 在 3 个方案中处于最小，尽管另一个效益型衡量指标  = 1.18m，略低于拖带方案 1 的 1.21m，但相差不大，且对拖带安全而言是足够的，所以拖带方案 3 排在第 1 位与实际情况相一致；拖带方案 2，因为采取措施不当，造成较大横倾角，且初稳性高和最小干舷高在 3 个方案中均是最小的，所以排在最后也是与实际情况相一致。

从而验证了该模型的正确性，其是在实际运用中该模型还具有进一步扩展的功能，如考虑更多的衡量指标如经济性，抗风等级等等，将使其进一步完善。

#### 4, 结论



本文对失事船舶拖带方案的优化决策作了一些有益的探讨，根据多目标决策理论建立了失事船舶拖带方案的优化决策模型，运用该模型编写了相关的应用程序，并进行了实例验证。验证结果表明该模型可行性较好，该优化决策模型能根据实际情况选定更多的供决策的相关衡量指标进行扩展和完善，对快速实施失事船舶拖带的方案的优化选择工作，进行科学决策，具有一定的参考价值。

#### 参考文献：

1. Stephen G. Weigart (June 1986), "Development of a shipboard team leader instructional tutoring system", AD-A173 612
2. 《决策分析》上、中、下三册，华中工学院系统工程教研室 1989.7
3. 浦金云，《舰船生命力论证》，海军工程学院，1991.10
4. 蔡一轮，《舰艇损管专家决策系统》，硕士学位论文，1999.2

#### 上两条同类新闻：

- 破损船舶援救方案辅助设计系统
- 直升机转场搜救飞行初探

|  打印本页 |  关闭窗口