

文章编号:1006-7736(2004)04-0023-04

## 船用主机的选型\*

于洪亮,段树林,陈刚

(大连海事大学 轮机工程学院,辽宁 大连 116026)

**摘要:**针对船舶主机选型的问题,讨论了影响主机选型的各个因素,研究了现在各种选型的计算方法,并根据主机选型中各个因素的特殊性,用模糊数学建立了新的计算模型和确定选型方案的方法.通过实例计算可知,该方法是合理的和可行的.

**关键词:**船舶柴油机;选型研究;模糊数学;多规则判别

**中图分类号:**U664.1

**文献标识码:**A

### 0 引言

随着船舶自动化程度的提高,机械系统变得越来越复杂,价格也越来越昂贵.因此船东们非常关心如何在保证船舶各种正常动力性能指标的同时,降低设备成本,并获得更高的回报.在很多情况下,船舶建造者或船东发现在建造当中如何合理地选择机械设备,以保证其可靠性、操作性、可维修性又要保证其经济性是一件比较困难的事情.

船舶动力装置很复杂,包括推进装置、辅助装置、甲板机械、管路系统等,本文仅仅是以推进装置为例进行分析.

主推进装置的形式也很多,现在商船上使用的包括内燃机、气轮机、燃气轮机等.由于其中内燃机占有主导地位,所以在这里我们仅仅对主机的选型进行分析和研究.

一般情况下,在进行推进装置选型时要考虑船型和船舶的任务,要考虑其经济技术、环境和性能指标等.亦即在具体的选型时,除了要考虑功率以外,必须要考虑以下因素:可靠性、维修性、空间

及安排要求、重量要求、对燃油的要求、燃油消耗、废热利用、操作性、价格、对辅助设备的要求、备件供应和岸基支持方面能力等等<sup>[1]</sup>.

由于主机的类型众多,如何从众多的主机当中选择一个合适的是我们在这里要研究的问题.而如上所述又有很多的规则制约了对主机的选择,所以我们可以认为这是一个多规则判别的问题(MCDM)(multiple criteria decision making).对于这种多规则问题,一般有两种解决方法,一个是多因子选择问题(MADM)(multiple attribute decision making),一个是多目标选择问题(MODM)(multiple objective decision making)<sup>[1~3]</sup>.

由于在这里是要通过很多的因素来选择最合适的主机类型,所以在这里我们选择使用MADM法.

现在在船舶选型中经常使用的方法有分层处理法(AHP)(analytical hierarchy process)<sup>[1]</sup>、加权法(WVM)(weighed values method)<sup>[2]</sup>、不确定度的混合多因子选择法等(hybrid MADM with uncertainty)<sup>[3]</sup>.每一种方法都有其优缺点,本文选用的是分层次算法.

\* 收稿日期:2004-08-26.

基金项目:教育部留学回国科研启动基金资助项目(2003-14).

作者简介:于洪亮(1963-),男,山东莱阳人,教授.

由于在确定主机类型的因素中,有些是很难用准确的数据来定量说明的,像岸基支持能力、可操作性等等,即使像可靠性和维修性这样的因素,也不能轻易地说应选可靠度是 0.987 的设备而不选可靠度是 0.986 的设备,因为在他们之间有一个很难界定的模糊的界限,所以在这里尝试用模糊数学来解决这个问题。

### 1 模型

在模糊数学中,语言变量可以用他们的隶属函数进行表述.例如,如果集合  $U = (1, 2, 3, \dots, n - 1, n)$  代表了语言变量‘very good’, ‘good’, ‘average’ and ‘poor’的集合,那么这些语言变量可以被这样表示[1, 2, 3]:

$$\text{‘very good’} = \{0/1, \dots, 0/n - 3, 0/n - 2, 0.75/n - 1, 1.0/n\};$$

$$\text{‘good’} = \{0/1, \dots, 0.5/n - 3, 1/n - 2, 0.25/n - 1, 0/n\};$$

$$\text{‘average’} = \{0/1, 0.25/2, 1/3, \dots, 0/n - 2, 0/n - 1, 0/n\};$$

$$\text{‘poor’} = \{1.0/1, 0.75/2, 0/3, \dots, 0/n - 2, 0/n - 3, 0/n\}.$$

在这里,括号中的分子部分整体代表了隶属度值,分母代表了元素名称.

如果  $n = 7$ ,则集合  $U$  中语言变量中的隶属度值可以用如表 1 的方式表示.

表 1 集合  $U$  的隶属度值

(语言变量) $\mu$	1	2	3	4	5	6	7
很好	0	0	0	0	0	0.75	1
好	0	0	0	0.5	1	0.25	0
一般	0	0.25	1	0.5	0	0	0
差	1	0.75	0	0	0	0	0

确定主机型号的各个因素,也可以用以上的方式表示.

为了计算方便,可以把确定主机型号的各个因素分成两大类,一类是定性因素,另外一类是定量因素,见图 1.

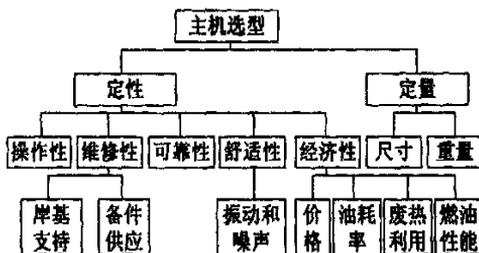


图 1 主机选型因素分析示意图

由于在确定主机型号的因素中,有些因素是由很多其他因素所确定的,所以在这里可以用分层的方法进行计算,所以必须要先从最基本的进行计算,分别计算定性指标及定量指标.

以经济性为例,它是由油耗率、价格、废热利用性能和所用燃油性能来决定的.在计算经济性时,首先每一项都要用表 1 的方式进行表述,然后再计算其经济性.其他的因素也用同样的方法进行计算.

即使是定量因素,在具体的计算中,为了能够确定尺寸和重量是否合适,也首先根据不同的机型选择某一个范围作为正常值,然后按照表 1 的方式用模糊数学来表述.

定性和定量的因素确定后,就可以进行最后的计算以确定主机的类型.

如上所提到的,主机选型是考虑以下因素:可靠性、维修性、空间及安排、重量、燃油种类、燃油消耗、废热利用、操作性、价格、对辅助设备的要求、备件供应和岸基支持方面能力等等的综合结果.主机选型的结果可以用  $\mu_d$  表示,分为 4 类,如表 2 所示.

表 2 选型结果的隶属度值

(语言变量) $\mu_d$	1	2	3	4	5	6	7
很好	0	0	0	0	0	0.75	1
好	0	0	0	0.5	1	0.25	0
一般	0	0.25	1	0.5	0	0	0
差	1	0.75	0	0	0	0	0

由于上述各个影响因素在选型方面所起的作用不尽相同,所以我们在计算时必须要考虑它们的加权.在该计算当中,比较方法被用来确定加权因子<sup>[4]</sup>.

假设因子集可以用  $\mu_a = (\mu_{a1}, \mu_{a2}, \dots, \mu_{ai}, \dots, \mu_{an})$  来表示,其加权值可以用排序成对比较法进行计算,即将所有因素按重要性大小自上而下排列,第  $i + 1$  个因素仅仅与其前面的第  $i$  个因素(假定其重要性为 1)进行比较,得到  $\mu_{ai+1, i} [0, 1] (i = 1, 2, \dots, n - 1)$ ,最后得到各因素权值为

$$A_i = \frac{\bar{\mu}_{ai}}{\prod_{i=1}^n \bar{\mu}_{ai}} \quad (i = 1, 2, \dots, n - 1)$$

其中:  $\bar{\mu}_{a1} = 1, \bar{\mu}_{a2} = \mu_{a2,1}, \dots, \bar{\mu}_{ai} = \mu_{a2,1} \times \mu_{a3,2} \times \dots \times \mu_{ai,i-1}, \dots, \bar{\mu}_{an} = \mu_{a2,1} \times \mu_{a3,2} \times \dots \times \mu_{an,n-1}$ , 例如影响经济性的 4 个因素的加权值的计算可以

被表示在表 3 中.

表 3 因子加权值的计算结果

(因子) $\mu_a$	排序比较		$\bar{\mu}_{ai}$	(加权) $A_i$
(花费) $\mu_n$	1	...	1	0.34
(燃油要求) $\mu_f$	0.9	1	0.9	0.30
(燃油消耗) $\mu_y$	1	0.6	0.54	0.18
(废热利用) $\mu_b$	1	...	0.54	0.18

其他因素的加权值可以用同样的方法确定.

## 2 主机选型的确定

根据前述,主机选型的计算矩阵可以用如下公式表示,计算矩阵

$$\mu_r = \begin{pmatrix} \text{定性因素} \\ \text{定量因素} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \end{pmatrix}$$

计算结果可以得到 = 因子集 · 评估矩阵. 即

$$\mu_c = \mu_a \cdot \mu_r \quad (1)$$

这里, · 表示普通的乘法.

具体计算时,首先从最基本的因素开始计算其因子集和影响该因素的其他因素,然后用式(1)进行计算. 计算各个因素后,就可以分别计算出定性因素和定量因素. 然后利用其因子集就可以得到计算的结果.

当然也可以用操作性、可靠性、维修性、舒适性、经济性、尺寸和重量作为评估矩阵直接计算. 本文采用的是后一种算法.

对于具体的某一型号的主机,根据其定性和定量影响因素等,其计算结果可以得到  $\mu_{ci} = \mu_{ai} \cdot \mu_{ri}$  与表 2 中的  $\mu_d$  进行比较,便可以得到其重要度的属性.

由于计算结果很难正好等于表 2 中的值,所以在这里采用了最适方法来解决该问题.

具体计算时,使用了  $\mu_{ci}$  与表 2 中的每一个表达式的距离来表示其属于那一个重要度. 该距离可以被定义为<sup>[5,6]</sup>

$$d_{i1}(\mu_{ci}, \text{best}) = \left[ \sum_{j=1}^7 (\mu_{ci}^j - \mu_{\text{very}}^j)^2 \right]^{1/2}$$

$$d_{i2}(\mu_{ci}, \text{good}) = \left[ \sum_{j=1}^7 (\mu_{ci}^j - \mu_{\text{important}}^j)^2 \right]^{1/2}$$

$$d_{i3}(\mu_{ci}, \text{average}) = \left[ \sum_{j=1}^7 (\mu_{ci}^j - \mu_{\text{average}}^j)^2 \right]^{1/2}$$

$$d_{i4}(\mu_{ci}, \text{bad}) = \left[ \sum_{j=1}^7 (\mu_{ci}^j - \mu_{\text{bad}}^j)^2 \right]^{1/2}$$

$d_{ij}$  越小,  $\mu_{ci}$  就越靠近相应的选型结果属性.

如果  $d_{ij}$  等于零,则说明  $\mu_{ci}$  就完全属于该属性. 假设  $D_{ij}$  是得到的距离当中最小的,而且  $i_1$ 、 $i_2$ 、 $i_3$  与  $i_4$  代表了距离  $d_{ij}$  与最小距离  $D_{ij}$  的倒数,则  $i_j$  可以被定义为

$$i_j = \frac{1}{d_{ij}/D_{ij}} \quad j = 1, 2, 3, 4$$

那么  $i_j$  可以被标准化为

$$i_j = \frac{i_j}{\sum_{m=1}^4 i_m} \quad j = 1, 2, 3, 4$$

每一个  $i_j$  代表了  $\mu_{ci}$  属于第  $j_{th}$  个确定的选型结果属性. 如果  $i_j$  等于 1,其他的 等于零,则说明  $\mu_{ci}$  完全属于第  $j_{th}$  个选型结果属性. 在这里,

所有值的和应等于 1,亦即:  $\sum_{j=1}^4 i_j = 1$ . 这样  $i_j$  就代表了  $\mu_{ci}$  属于确定的  $j_{th}$  个选型结果属性的程度.

## 3 计算结果

根据上述方法,我们在这里以 35 000 t 的散货船作为计算实例,对 7PC4 - 2E,4RTA68R1, 6L67GBE(D),6RTA58R3 以及 5L67GBD 型主机进行了选型计算. 表 4 是计算结果.

表 4 主机选型的计算结果

结果	很好	好	一般	差
7PC4 - 2E	0.2404	0.3648	0.2174	0.1774
4RTA68R1	0.4949	0.1877	0.1718	0.1456
6RTA58R3	0.1730	0.5942	0.2610	0.1718
6L67GBE(D)	0.1635	0.3411	0.3295	0.1655
5L67GBD	0.1609	0.3813	0.2937	0.1641

从表 3 我们可以看出,以选用 4RTA68R1 型主机为最佳,依次为 6RTA58R3、5L67GBD、7PC4 - 2E、6L67GBE(D).

## 4 结束语

主机选型是船舶设计中的一个重要环节,对其进行研究是船舶设计者和船东都很关心的课题. 本文提出的主机选型的新方法,使用模糊数学方法解决了常规计算中由于数据不全而引起的计算困难,可以很方便地对主机的选型进行计算,从使用户和设计者可以根据计算的结果来合理地选择主机.

**参 考 文 献:**

- [1] BLOCH H P, GEITNER F K. An introduction to machinery reliability assessment[Z]. Second Edition, 1994.
- [2] BO Jian, SEN P. A general multi level evaluation process for hybrid MADM with uncertainty[J]. IEEE Transaction on systems, man and cybernetics, 1994, 24:26-29.
- [3] SEN P. Marine design: The multiple criteria approach[Z], The royal institution of naval architecture, 1991.
- [4] 徐昌文. 模糊数学在船舶工程中的应用[M]. 北京:国防工业出版社, 1992.
- [5] WANG J, YANG J B and SEN P. Safety analysis, synthesis using fuzzy sets and evidential reasoning[J]. Reliability engineering and system safety, 1995, 47:103-118.
- [6] ISHIDA K, YU Hongliang, HASHIMOTO T, *et al.* The determine of the importance degree of modular in shipbuilding [Z]. ISME TOKYO, 2000. 657-662

**Research on main Eng. selection**

YU Hong-liang, DUAN Shu-lin, CHEN Gang

(*Marine Engineering College, Dalian Maritime Univ., Dalian 116026, China*)

**Abstract:** Discussed the factors taken into account in selection of marine main engine and researched the calculation methods to determine the type of main engine. Constructed the calculation model using fuzzy function based the characters of the factors to determine the type of main engine. The method is reasonable and useful through calculated.

**Key words:** marine diesel engine; selection of main engine; fuzzy mathematics; multiple criteria decision making

---

(上接第 15 页)

**Design the system for automatically measuring and compensating magnetic compass deviation**

GUAN Zheng-jun, CHEN Duo

(*Navigation College, Dalian Maritime Univ., Dalian 116026, China*)

**Abstract:** this paper researches and produces a system for automatically measuring and compensating magnetic compass deviation. After comparing the course of magnetoresistive sensor with the course of gyrocompass, automatically obtain compass deviation and as soon as the magnetic compass heading is compensated, directly display ship's magnetic course and true course. The system automatically calculates deviation coefficients for correcting deviation when ship gets alongside the wharf. After inspecting on a real ship, the system is proved available for use.

**Key words:** magnetic compass; automatically measuring deviation; magnetoresistive sensor; correcting deviation