

# 造船周期、网络技术和模糊分布

华东船舶工业学院 杨松林

中国船舶工业总公司 李国强

本文就船舶建造周期的模糊性建立了相应模糊网络计划图设计模型,并给出了各工艺阶段周期模糊分布的确定方法,编制了船舶建造模糊网络计划图设计软件。

**关键词** 造船周期 网络图 模糊数学

## 1 引言

近10多年来,我国造船工业积极开拓国际市场,不断扩大船舶出口,在技术上,注重与国际接轨,采用与国外联合设计等方式,吸收国际先进设计技术,设计水平有很大提高。但是,与国外先进造船国家相比,我国船舶工业还存在许多问题,如在船舶建造方面,仍沿用传统造船模式,工艺技术比较落后,机械化、自动化程度低,特别是管理方法和手段陈旧,造成我国造船周期过长,与国外先进造船国家竞争能力不足的局面。为此,采用先进管理技术,缩短造船周期,就成为提高我国船舶工业参与国际竞争能力的一个重要内容。

## 2 造船周期的模糊性

目前,船舶建造的计划管理及其生产控制大都采用网络计划技术。它具有形象直观,容易理解,便于分析计算,机动性好,调整方便等特点。依据网络计划技术确定船舶建造周期通常

采用关键线路法,即从建造网络图上找出一条关键线路,其时间和即为船舶建造周期。但实际上,关键线路的时间和不是一个确定的天数,而仅是一个概率统计值,亦即周期具有模糊性。要得到船舶建造周期的可能性分布(量化)描述,必须借助于模糊数学对相应生产过程进行全面分析。这种造船周期可能性分布的科学分析,对于造船企业的决策者如何科学合理地安排短期生产具有非常重要的作用。

由于实际船舶建造网络太大,工作单元太多,为便于分析,我们取一简单网络图(图1)使之近似某船的建造网络图(某阶段工艺过程网络图)。各段工作周期见表1。

根据图1及表1可知,该船最大、最小建造周期分别为46天和38天。但是,周期38、39、40……46天出现的可能性是不同的。它主要取决于关键线路中各段工艺过程的周期;而各段周期是一个时间区间,具有不确定性。该区间值取决于

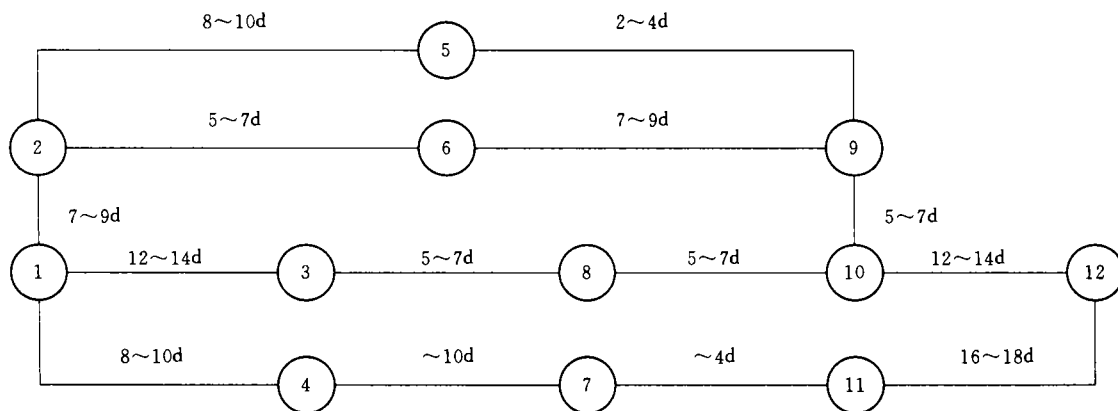


图 1

表 1 各工艺阶段完成期

$\begin{matrix} a \\ b \\ c \end{matrix}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1,2						0.2	0.5	1.0	0.4	0.1								
1,3											0.3	0.8	1.0	0.6	0.2			
1,4								0.2	1.0	0.2								
2,5								0.3	1.0	0.6	0.1							
2,6					0.3	1.0	0.4	0.1										
3,8			0.1	0.4	1.0	0.1												
4,7									0.1	1.0	0.1							
5,9	0.1	0.8	1.0	0.8	0.1													
6,9						0.1	0.9	1.0	0.4									
7,11		0.1	1.0															
8,10			0.2	1.0	0.6	0.1												
9,10		0.1	0.4	1.0	0.6	0.1												
10,12										0.1	0.5	1.0	0.2					
11,12														0.1	0.6	1.0	0.3	

注:表中  $a$  为日期,  $b$  为隶属度,  $c$  为工艺阶段。

企业的生产能力、工艺技术水平、设备状况、外协、工人和技术人员素质及其构成(组成)、生产环境条件、天气等因素。这些因素对周期的影响往往是很难量化和不确定性的,也即具有模糊性。为此,我们引入模糊数来表示各段周期,如表1和图2所示,再沿各线路进行求和,得:

$$\tilde{T}_{1 \sim 12} = \sum_{i=1}^n \tilde{t}_{i,j}$$

共有4条线路:

$$(1) \tilde{T}_{1 \oplus 2 \oplus 3 \oplus 8 \oplus 10 \oplus 12} = \tilde{t}_{1,2} + \tilde{t}_{2,5} + \tilde{t}_{5,9} + \tilde{t}_{9,10} +$$

$\tilde{t}_{10,12}$

$$(2) \tilde{T}_{1 \oplus 2 \oplus 6 \oplus 9 \oplus 10 \oplus 12} = \tilde{t}_{1,2} + \tilde{t}_{2,6} + \tilde{t}_{6,9} + \tilde{t}_{9,10} +$$

$\tilde{t}_{10,12}$

$$(3) \tilde{T}_{1 \oplus 3 \oplus 8 \oplus 10 \oplus 12} = \tilde{t}_{1,3} + \tilde{t}_{3,8} + \tilde{t}_{8,10} + \tilde{t}_{10,12}$$

$$(4) \tilde{T}_{1 \oplus 4 \oplus 7 \oplus 11 \oplus 12} = \tilde{t}_{1,4} + \tilde{t}_{4,7} + \tilde{t}_{7,11} + \tilde{t}_{11,12}$$

其中  $\tilde{T}$  最大者为该网络图最大模糊周期,即相应船舶建造周期。应注意此时所得出的建造周期是一个模糊分布,它描述该船完成期在某一时间区间内所对应日期的可能性。

根据表1可得到模糊完成期  $\alpha$ -截集(如表2所示),进一步可得到各线路模糊完成期  $\alpha$ -截集(如表3~6所示)。

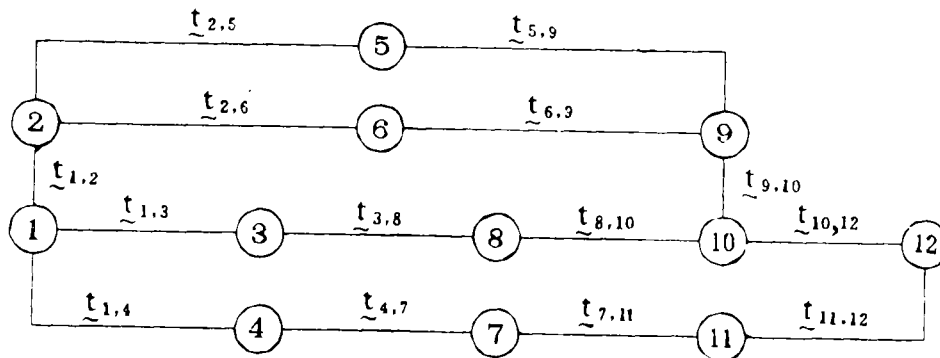


图 2

表 2 模糊完成期  $\alpha$ -截集

$e \backslash d$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
(1,2)	[6,10]	[6,9]	[7,9]	[7,9]	[7,8]	[8,8]	[8,8]	[8,8]	[8,8]	[8,8]
(1,3)	[11,15]	[11,15]	[11,14]	[12,14]	[12,14]	[12,14]	[12,13]	[12,13]	[13,13]	[13,13]
(1,4)	[8,10]	[8,10]	[9,9]	[9,9]	[9,9]	[9,9]	[9,9]	[9,9]	[9,9]	[9,9]
(2,5)	[8,11]	[8,10]	[8,10]	[9,10]	[9,10]	[9,10]	[9,9]	[9,9]	[9,9]	[9,9]
(2,6)	[5,8]	[5,7]	[5,7]	[6,7]	[6,6]	[6,6]	[6,6]	[6,6]	[6,6]	[6,6]
(3,8)	[4,7]	[5,6]	[5,6]	[5,6]	[6,6]	[6,6]	[6,6]	[6,6]	[6,6]	[6,6]
(4,7)	[9,11]	[10,10]	[10,10]	[10,10]	[10,10]	[10,10]	[10,10]	[10,10]	[10,10]	[10,10]
(5,9)	[1,5]	[2,4]	[2,4]	[2,4]	[2,4]	[2,4]	[2,4]	[2,4]	[3,3]	[3,3]
(6,9)	[6,9]	[7,9]	[7,9]	[7,9]	[7,8]	[7,8]	[7,8]	[7,8]	[7,8]	[8,8]
(7,11)	[3,5]	[4,4]	[4,4]	[4,4]	[4,4]	[4,4]	[4,4]	[4,4]	[4,4]	[4,4]
(8,10)	[5,8]	[5,7]	[6,7]	[6,7]	[6,7]	[6,7]	[6,6]	[6,6]	[6,6]	[6,6]
(9,10)	[4,8]	[5,7]	[5,7]	[5,7]	[6,7]	[6,6]	[6,6]	[6,6]	[6,6]	[6,6]
(10,12)	[11,14]	[12,14]	[12,13]	[12,13]	[12,13]	[13,13]	[13,13]	[13,13]	[13,13]	[13,13]
(11,12)	[15,18]	[16,18]	[16,18]	[16,17]	[16,17]	[16,17]	[17,17]	[17,17]	[17,17]	[17,17]

注:表中  $d$  为  $\alpha$  值,  $e$  为完成期。

表 3 T①②⑤⑨⑩⑫路线模糊完成期  $\alpha$ -截集

$g \backslash f$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
上限	48	44	43	43	42	41	40	40	39	39
下限	30	33	34	35	36	38	38	38	39	39

注:表中  $f$  为  $\alpha$  值,  $g$  为完成期,  $h$  为上、下限。

表 4 T①②⑥⑨⑩⑫路线模糊完成期  $\alpha$ -截集

$g \backslash f$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
上限	49	46	45	45	42	41	41	41	41	41
下限	32	35	36	37	38	40	40	40	40	41

注:表中  $f$  为  $\alpha$  值,  $g$  为完成期,  $h$  为上、下限。

表 5 T①③⑧⑩⑫路线模糊完成期  $\alpha$ -截集

$g \backslash f$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
上限	44	42	40	40	40	40	38	38	38	38
下限	31	33	34	35	36	37	37	37	38	38

注:表中  $f$  为  $\alpha$  值,  $g$  为完成期,  $h$  为上、下限。

表 6 T①④⑦⑩⑫路线模糊完成期  $\alpha$ -截集

$g \backslash f$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
上限	44	42	41	40	40	40	40	40	40	40
下限	35	38	39	39	39	39	40	40	40	40

注:表中  $f$  为  $\alpha$  值,  $g$  为完成期,  $h$  为上、下限。

所以

$$\begin{aligned}
 T_{①②⑤⑨⑩⑫} &= \frac{0.1}{30} + \frac{0.1}{31} + \frac{0.1}{32} + \frac{0.2}{33} + \frac{0.3}{34} \\
 &\quad + \frac{0.4}{35} + \frac{0.5}{36} + \frac{0.5}{37} + \frac{0.8}{38} + \frac{1.0}{39} \\
 &\quad + \frac{0.8}{40} + \frac{0.6}{41} + \frac{0.5}{42} + \frac{0.3}{43} + \frac{0.2}{44} \\
 &\quad + \frac{0.1}{45} + \frac{0.1}{46} + \frac{0.1}{47} + \frac{0.1}{48} \\
 T_{①②⑥⑨⑩⑫} &= \frac{0.1}{32} + \frac{0.1}{33} + \frac{0.1}{34} + \frac{0.2}{35} + \frac{0.3}{36} \\
 &\quad + \frac{0.4}{37} + \frac{0.5}{38} + \frac{0.5}{39} + \frac{0.9}{40} + \frac{1.0}{41} \\
 &\quad + \frac{0.5}{42} + \frac{0.4}{43} + \frac{0.4}{44} + \frac{0.4}{45} + \frac{0.2}{46} \\
 &\quad + \frac{0.1}{47} + \frac{0.1}{48} + \frac{0.1}{49} \\
 T_{①③⑧⑩⑫} &= \frac{0.1}{31} + \frac{0.1}{32} + \frac{0.2}{33} + \frac{0.3}{34} + \frac{0.4}{35} \\
 &\quad + \frac{0.5}{36} + \frac{0.8}{37} + \frac{1.0}{38} + \frac{0.6}{40} + \frac{0.2}{41} \\
 &\quad + \frac{0.2}{42} + \frac{0.1}{43} + \frac{0.1}{44} \\
 T_{①④⑦⑩⑫} &= \frac{0.1}{35} + \frac{0.1}{36} + \frac{0.1}{37} + \frac{0.2}{38} + \frac{0.6}{39} \\
 &\quad + \frac{1.0}{40} + \frac{0.3}{41} + \frac{0.2}{42} + \frac{0.1}{43} + \frac{0.1}{44}
 \end{aligned}$$

根据上述线路模糊完成期比较可得  $T_{128911}$  为关键线路完成期。也就是说:

- (1) 完成期(周期)41天的可能性为1(最大);
- (2) 完成期38天和42天的可能性为0.5(较大);
- (3) 完成期34天和47天的可能性为0.1(很小)。

### 3 讨论

前述船舶建造网络图的模糊化,反映了船舶建造的客观特征。这对于船舶建造计划的调控,缩短造船周期,最终提高造船质量都是有意义的。但是,要将网络技术付诸实际应用还需解决各阶段工艺过程时间周期(相应模糊分布)的确定问题。以往确定这些周期(大致时间区间)主要是由建造师根据船舶设计图及相关技术资料、企业的实际生产能力及生产环境条件、建造师本人的经验等提出初步意见,再与相关人员反复交换意见后予以确定。这种做法工作量大、不规范、准确性差,不利于全面、全过程控制和分析。

鉴于影响造船各阶段工艺过程时间周期的因素很多,且这些因素本身一般也具有模糊性,为此我们提出下述模型,以便进一步科学地确定各阶段周期(模糊分布),以至最终完成模糊网络图。

其步序为:

#### (1) 确定因素集 $U$

$$U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_m\}$$

式中,  $U$  为因素集(影响相应各阶段工艺过程周期的因素集合);  $u_1, u_2, \dots, u_m$  分别为工艺技术水平, 设备状况, 工人技术水平及素质, 技术人员素质及水平, 管理水平, 外协情况, 环境条件, 天气等因素。

#### (2) 建立备择集 $V$

$$V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_p\}$$

式中,  $V$  为相应阶段工艺过程时间区间的离散集合。例如, 某船船台大合拢估计为15~20天, 若取0.5天为间距, 则得:  $V = \{15, 15.5, 16, 16.5, 17, 17.5, 18, 18.5, 19, 19.5, 20\}$ 。

#### (3) 权重集 $A$

$$A = \{A_1, A_2, A_3, \dots, A_m\}$$

各影响因素的作用程度是不同的。大者, 权

重值取大; 小者, 权重取小。但要注意归一性, 即

$$\sum_{j=1}^m A_j = 1。$$

#### (4) 建立隶属函数 $\eta_i(u_j)$

隶属函数  $\eta_i(u_j)$  反映各因素对相应阶段工艺过程的作用趋势, 一般可采用梯形分布。解析表达如下:

$$\left\{ \begin{array}{ll} \eta_i(u_j) = 1.0; & 0 \leq u_j < a_j; \\ \eta_i(u_j) = 1 + \frac{u_j - a_j}{b_j - a_j}; & a_j \leq u_j < b_j; \\ \eta_i(u_j) = 0; & b_j \leq u_j; \end{array} \right\}$$

式中,  $a_j$  为条件好;  $b_j$  为条件差;  $u_j$  分级为好、较好、中、差, 对应取值分别为: 小于  $a_j$ , 约等于  $a_j + 0.25(b_j - a_j)$ , 约等于  $a_j + 0.75(b_j - a_j)$ , 大于  $b_j$ 。据此, 进一步可构成隶属函数矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} \eta_1(u_1) & \eta_1(u_2) & \dots & \eta_1(u_m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \eta_p(u_1) & \eta_p(u_2) & \dots & \eta_p(u_m) \end{bmatrix}$$

#### (5) 评判矩阵 $B$

$$B = A \cdot R = \{b_1, b_2, b_3, \dots, b_p\}$$

#### (6) 周期模糊分布

若采用  $t_{ij}$  表示该工艺过程的周期模糊分布, 则

$$t_{ij} = b_1/v_1 + b_2/v_2 + \dots + b_p/v_p$$

注意, 取  $b_{i \max}$  放大至1.0, 其余按同一比例放大。上述权重集及隶属函数可通过统计方法确定<sup>[1,2]</sup>。

### 4 结束语

本文对船舶建造周期给出了科学定义和合理解释, 并对各阶段模糊周期的确定给出了相应方法, 最后对抽象出的船舶建造网络图进行模糊化, 亦即对各段工艺过程时间用模糊分布表示, 进而沿各线路进行模糊求和, 通过比较得到相应关键线路的模糊完成期(周期)。根据上述模型, 我们编制了船舶建造模糊网络计划图设计软件。该软件已在1000t 货船建造中得到初步应用, 证明其使用方便, 可操作性强。应该说, 这项工作对于实际船舶建造、计划优化及管理都是很有意义的。

### 5 参考文献

- 1 杨松林, 李国强, 张正满. 船舶工程的模糊问题及其方法. 国防工业出版社, 1993, 9
- 2 杨松林. 工程模糊论方法及其应用. 国防工业出版社, 1996, 4

**Key words** Marine pump, Centrifugal pump, Model design, Model test

### **Simulation of Dynamic Alignment for Marine Propulsion Shafting**

..... *Wang Xianfeng, Zhou Jiliang and Others*(25)

A theoretical model and a mathematical model of dynamic alignment for marine propulsion shafting are set up and a corresponding computer program is given. The simulation results are verified on a dynamic test stand for marine shafting.

**Key words** Marine shafting, Dynamic alignment, Simulation

### **On Automatic Measurement of Marine Fuel** ..... *Su Zhenyou*(30)

The state of art and problems existed for fuel measurement in oil tanks are described. The author pointed out, that the appropriate sensor must be selected in the automatic measuring system according to the configuration of oil tanks and oil types. In addition, the correction of temperature distribution and trim of oil tanks, as well as the calculation method are discussed.

**Key words** Automatic measurement, Sensor

### **Design of Primary Voyage Management System** ..... *Jia Xiale, Xu Rufe and Others*(35)

Design philosophy and methodology of a primary voyage management system used for one man bridge are outlined. The implementation is mainly divided into four parts: data acquisition from navigation transducers, design of computerized communication unit, setting up of a local network, and software development of integrated data processing and display. The performance demonstration of the whole system was carried out by simulations.

**Key words** Ship operation automation, One man bridge, Voyage management system

### **Frequency-Shift Keying Multivalue Transmission Spread Spectrum (FSK-SS) Communication System** ..... *Lu Shengjie, Guo Lili, Li Wei*(40)

FSK-SS Communication system has higher transmission efficiency as compared with direct series spread spectrum (DS-SS) communication system. The theoretical analysis and computer simulation indicated that the transmission efficiency of FSK-SS is increased by three times, in conditions of the same S/N and error code rate as DS-SS within the setting range.

**Key words** Frequency-shift keying, Spread spectrum signal, Modulation, Demodulation.

### **A Study of Heading and Attitude Measurement with GPS and Its Simulation**

..... *Wang Qing, Wan Dejun, Li Zigang*(44)

The basic principle of ship's attitude measurement is proposed based on the delta-pseudorange difference using two receiver of GPS to measure the same satellite. The dynamic model of Kalman filtering are discussed. The performance of the measuring system are analyzed by means of computer simulation.

**Key words** Global positioning system, Heading and attitude measurement, Navigation.

### **A 65Mb/s Survivable Optical Fiber Ring Integrated Services Digital Network**

..... *Yuan Guo Cai*(50)

A shipborne 65Mb/s optical fiber ring integrated services digital network is proposed which integrates communication and transmission into a complete system suitable for all demands of modern ship intercom and data, video transmission. A Time-Division Multiplex (TDM) technique and hybrid switching mode are used. The system possesses high reliability and survivability and offers ISDN oriented interface(S0 and S2)and ETHERNET interface. The network composition, TDM frame structure, reconfiguration function and user-network interface are discussed. Finally, multiring structure suitable for users with large-scale capacity is described.

**Key words** Optical fiber, Communication, Data transmission, Video transmission, Ship.

### **Shipbuilding Period, Network Technology and Fuzzy Distribution**

..... *Yang Songlin, Li Guoqiang*(55)

Based on the fuzzy properties of the shipbuilding period, a corresponding design model of the fuzzy network plan is set up. A method for determining the fuzzy distribution of the period at each technological stage is given and a design software for the fuzzy network of the shipbuilding plan is also developed.

**Key words** Shipbuilding period, Network plan, Fuzzy mathematics

**CSNAME Affairs** ..... (59)

**News and Reports** ..... (61)

---

**SHIP ENGINEERING**  
Overseas Distributor:

P. O. Box 040-002, Shanghai 200040, China  
China International Book Trading Corporation  
P. O. Box 399, Beijing 100044, China

---