

ZHONGGUO SHUICHANBULAO XUESHUYANTAOHUI LUNWENJI

中国水产捕捞学术研讨会论文集(二)

苏州大学 学报

1998

水产捕捞专辑

国际标准连续出版物

ISSN 1001-4403

ACADEMIC JOURNAL OF SUZHOU UNIVERSITY

中国水产捕捞学术研讨会论文集(二)

中国水产学会水产捕捞专业委员会 编著

一九九八年八月

前 言

中国水产学会水产捕捞专业委员会于 1997 年 12 月 7 日至 10 日,在广西壮族自治区北海市召开了“’97 全国水产捕捞学术研讨会”,参加本次会议代表 45 人,其中专业委员会委员 20 人,他们分别来自辽宁、天津、北京、山东、江苏、上海、福建、广东、广西、海南等省、市、自治区的水产研究所、水产院校、海洋渔业公司、水产行政等 26 个单位。大会的筹备和召开,得到了广西壮族自治区水产局和水产学会、北海市人民政府、北海市水产局、湛江海洋大学的领导和同志们的大力支持。会议期间农业部渔业局、广西壮族自治区水产局和水产学会等单位的有关领导,北海市人民政府周广能副市长到会指导,并向与会代表介绍了北海市的历史沿革、水产生产,以及实施北海市委有关“六大突破”近况,特别强调“海洋产业突破”的重大意义和内容,是与海洋捕捞分不开。在全体与会代表们的共同努力下,会议取得了圆满成功。

本次会议共收到论文、报告 37 篇,分别属于渔具基础理论、远洋渔业、计算机 CAD、刺网、围网、拖网、钓具、笼壶类渔具、渔法,以及渔船设计、渔具材料与工艺、渔业经济和科技进步评价、中国淡水渔具渔法调查研究等。这些论文、报告,报导了水产捕捞科技工作者的最新成果和心得。会议期间除了宣读和交流论文、报告外,全体代表还围绕着水产捕捞业和水产捕捞科技工作存在的问题,以及今后海洋渔业持续发展等专题,进行了热烈的研讨,并在捕捞事业和学科的发展、今后捕捞学科研究重点,以及方法、步骤等方面,取得了共识。

根据与会代表和专业委员会的意见,将本次会议的论文、报告 32 篇,以及过去历次全国水产捕捞学术交流(研讨)会未公开出版过而有代表性或有意义的论文、报告 6 篇共计 38 篇,以《中国水产捕捞学术研讨会论文集(二)》的形式继续公开出版,进一步满足海内外同行们的交流要求;同时推进我国水产事业和学科水平的提高。

《论文集(二)》按渔具基础理论、远洋渔业渔具渔法、刺网、围网、拖网、钓具、笼壶、渔船、综合类、淡水捕捞渔具渔法、渔具材料与工艺等栏目为顺序,并以论文、报告发表日期的先后时间分栏目列出。所刊出的论文、报告,均由作者最近重行审阅和补充修正。为了便于国内外交流,每篇论文、报告,均有中、英文题目、摘要和关键词。由于经费和时间等原因,还有不少有价值的论文、报告未能全部刊出,尚待今后有条件时续编。

本论文集在编辑出版中,由黄锡昌任主编,负责集稿、审稿和定稿等,并承苏州大学学报编辑部编辑出版,在此一并致谢。

中国水产学会水产捕捞专业委员会

1998 年 3 月

目 录

拖网系统不定常运动的研究	余显炜(1)
拖网网型主尺度参数的计算机优化方法研究	任志忠 黄笑萍(11)
拖网网具微机辅助设计及网具库	王兴国 陈连源(18)
光诱鱿鱼钩生产技术探讨	葛鹤麟 郑 基(23)
水下灯在光诱鱿鱼钩中的应用技术及其使用效果	黄洪亮 赵德路(28)
发展中西太平洋金枪鱼延绳钓作业的探讨	姚光展(33)
南沙深水层大网目三重刺网捕捞技术应用效益分析	李文池 卢业吉等(40)
试析机帆船对网的主参数	陈连源 祝智璇(44)
浙江群众渔业灯光围网网具设计与试验	姚光展等(52)
试论福建大围缦的再度回升	冯 森 郑海鹰(58)
南海大功率双拖网渔船网具性能分析与技改效果	林东年(62)
双撑杆拖网矩形网板结构的试验研究	黄锡昌(67)
全金属椭圆形综合型网板的试验研究	黄锡昌(71)
拖网网身结构变化对网具性能影响的试验研究	贾长礼等(77)
山东省小型渔船绳拖网试验综述	孙泰昌等(81)
青渔两种典型拖网网具性能的比较	林德芳 徐乐基(86)
294kW 渔轮双拖网模型水池试验报告	陈连源等(90)
294kW 渔轮单拖网作业特性的研究	陈连源等(95)
六片式中层拖网性能的研究	戴天元(100)
台湾浅滩外侧渔场网板虾拖作业捕捞大虾的试验报告	冯 森等(108)
单船底拖萤光网捕捞头足类日周效应分析	方水美(114)
福建省单拖作业的发展和探讨	沈长春等(122)
福建省捕虾渔具的现状及发展方向探讨	郑国富等(127)
中国沿海四片型底拖网网具设计参数研究	秦明双(132)
北海大网目拖网网具性能海上实测结果与评述	黄文强等(139)
金枪鱼拟饵曳绳钓的初步试验	关长涛等(142)
拟鱿饵曳绳钓金枪鱼试捕效益分析	王萑良等(147)

东风螺笼捕技术试验报告	程雄星等(152)
294kW 围拖渔轮外海渔场、渔具和渔法研究报告	陈连源(156)
SD831 型 90kW 玻璃钢拖网渔船船体设计与性能分析	鹿叔铎等(162)
福建省 1986—1995 年海洋捕捞业科技进步评价	戴天元(169)
浅析江苏海洋机动渔船公有制实现形式	冯锦龙(174)
茂名市海洋渔业股份合作经济初析	梁康成 林东年(177)
茂名市外海拖网渔业技术经济的初步评析	梁康成 林东年(180)
《中国淡水渔具渔法》编著报告	陈家余等(185)
共混改性技术在绳网企业技改中的应用	芮少麟等(190)
鲛鱼流刺网材料的试验研究	孙中之(195)
超大网目拖网编结新工艺	王培良等(200)
附件 1. '97 全国水产捕捞学术研讨会会议纪要	(203)
附件 2. 中国水产学会水产捕捞专业委员会名单	(205)

主 编：黄锡昌

责任编辑：凌 云

拖网系统不定常运动的研究*

余显炜

(浙江水产学院, 舟山, 316101)

【摘要】 现代大型拖网作业实际上是一个包括拖网船、曳纲、网板、手纲和拖网的力学系统。由于生产时通常是和声纳(鱼群探测仪)相结合,根据鱼群的深度、游向、游速,不断改变曳纲长度、曳纲的方向和速度,从而达到捕捞的目的。因此,整个拖网系统处于不定常运动状态下,本文是根据分析力学的方法,归纳出拖网系统运动的微分方程组。然后,根据拖网在生产中的调整方法,给定不同的初边值且通过计算机计算。最后,对其计算结果进行探讨。

关键词 拖网系统 不定常运动 研究

现代大型拖网作业通常是和声纳(鱼群探测仪)相结合,根据鱼群的深度、游向、游速不断改变曳纲的方向、速度和曳纲长度,从而达到捕捞的目的。从力学观点来说,拖网作业实际上是一个力学系统。为了使拖网在最佳情况下工作,就必须对拖网这个力学系统,包括拖网船、曳纲、网板、手纲和拖网的运动和受力进行分析和计算,特别是拖网作业在追捕鱼群中各个因素变化调整时,造成拖网系统的不定常运动,目前论述较少,本文正是在这方面作出探讨。

一、基本方程式

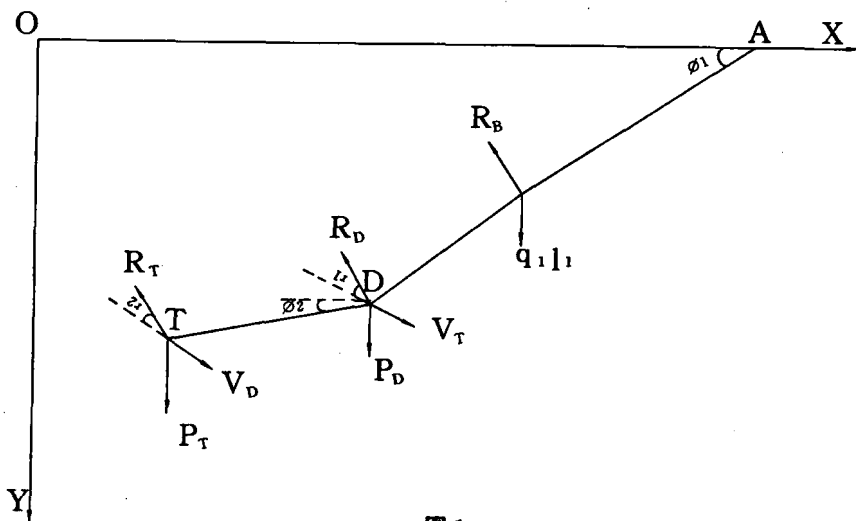


图 1

* 本文的研究得到浙江省自然科学基金会的资助。

本文在 1997 年 12 月北海市召开的“’97 全国水产捕捞学术研讨会”上宣读。

作用在拖网系统上的外力有:

P_c ——拖网船拖曳力的一半(N); P_B ——曳纲在水中重量(N); P_D ——网板在水中重量(N); P_{DT} ——手纲在水中的重量(N); P_T ——拖网在水中重量的半数(N); R_D ——网板受到的水动力(N); R_K ——船体阻力一半(N); E_{DT} ——手纲受到的水动力(N); R_T ——拖网受到水阻力的半数(N)。

为了研究方便,参阅图1,通常把拖网系统运动简化为质点系的平面问题*,分质点A(拖网船)、杆件AD(曳纲)、质点D(网板)、杆件DT(手纲)和质点T(拖网)。文中所用符号为:

Φ_1 ——AD杆与水平的夹角; Φ_2 ——DT杆与水平的夹角; S_1 ——曳纲计算长度(m), 曳纲实际长度为 l_1 , $S_1 = Kl_1$ 。(K为系数,通常 $K=0.9$); S_2 ——手纲计算长度(m), 手纲实际长度为 l_2 , $S_2 = Kl_2$; D_1 ——曳纲直径(m); D_2 ——手纲直径(m); q_1 ——曳纲水中单位长度重量(N/m); q_2 ——手纲水中单位长度重量(N/m); γ_1 ——力 R_D 与水平夹角; γ_2 ——力 R_T 与水平夹角; C_D ——网板水动力系数($N \cdot S^2/m^2$), $R_D = C_D U^2$; C_T ——拖网水动力系数($N \cdot S^2/m^2$), $R_T = C_T U^2$; C_B ——曳纲水动力系数($N \cdot S^2/m^2$), $R_B = C_B U^2$; C_{DT} ——手纲水动力系数($N \cdot S^2/m^2$), $R_{DT} = C_{DT} U^2$; m_c ——拖网船质量(kg); m_D ——网板质量(kg); m_T ——拖网质量(kg); m_B ——曳纲质量(kg); m_{DT} ——手纲质量(kg); X_A ——质点A(即拖网船)的X坐标; U ——曳网速度(m/s); V_D ——质点D(即网板)运动速度(m/s); V_T ——质点T(即拖网)运动速度(m/s)。

参阅图1,在手纲DT上取微段 ΔS_{2i} ,而 V_{2i} 是 ΔS_{2i} 的速度,则:

$$V_{2i}^2 = [\dot{S}_1 \cos(\Phi_1 - \Phi_2) - U \cos \Phi_2 - S_1 \dot{\Phi}_1 \sin(\Phi_1 - \Phi_2)]^2 + [\dot{S}_1 \sin(\Phi_1 - \Phi_2) + U \sin \Phi_2 + S_1 \dot{\Phi}_1 \cos(\Phi_1 - \Phi_2) + S_{2i} \dot{\Phi}_2]^2 \quad (1)$$

由于作用在 ΔS_{2i} 上的水动力

$$\Delta R_{2i} = C_{DT} V_{2i}^2 \Delta S_{2i} \quad (2)$$

故作用在DT上的水动力 R_{DT} 对A点的力矩:

$$\text{mom}_A R_{DT} = C_{DT} \int_0^{S_2} \{ [\dot{S}_1 \sin(\Phi_1 - \Phi_2) + U \sin \Phi_2 + S_1 \dot{\Phi}_1 \cos(\Phi_1 - \Phi_2) + S_{2i} \dot{\Phi}_2] [S_1 \cos(\Phi_1 - \Phi_2) + S_{2i}] + [\dot{S}_1 \cos(\Phi_1 - \Phi_2) - U \cos \Phi_2 - S_1 \dot{\Phi}_1 \sin(\Phi_1 - \Phi_2)] [S_1 \sin(\Phi_1 - \Phi_2)] \} dS_{2i} \quad (3)$$

即:

$$\begin{aligned} \text{mom}_A R_{DT} = C_{DT} S_2 \{ & [\dot{S}_1 \sin(\Phi_1 - \Phi_2) + U \sin \Phi_2 + S_1 \dot{\Phi}_1 \cos(\Phi_1 - \Phi_2)]^2 [S_1 \cos(\Phi_1 - \Phi_2) + \frac{S_2}{2}] + S_2 \dot{\Phi}_2 \\ & [\dot{S}_1 \sin(\Phi_1 - \Phi_2) + U \sin \Phi_2 + S_1 \dot{\Phi}_1 \cos(\Phi_1 - \Phi_2)] [S_1 \cos(\Phi_1 - \Phi_2) + \frac{2S_2}{3}] + S_2^2 \dot{\Phi}_2^2 [\frac{S_2}{3} \cos(\Phi_1 - \Phi_2) \\ & + \frac{S_2}{4}] + [\dot{S}_1 \cos(\Phi_1 - \Phi_2) - U \cos \Phi_2 - S_1 \dot{\Phi}_1 \sin(\Phi_1 - \Phi_2)]^2 S_1 \sin(\Phi_1 - \Phi_2) \} \end{aligned} \quad (4)$$

将(4)式代入 Φ_1 可得广义力 Q_1 , 再将 Q_1 代入 Φ_1 的 Lagrange 方程, 即(5)式。

根据拖网作业情况,从分析力学来看,拖网系统有四个自由度,对应四个广义坐标为 Φ_1 , Φ_2 , X_A , S_1 。根据作者在《拖网系统运动方程式的导出》一文中的推导,并对有关方程式进行补

充后,拖网系统运动方程组由(5)、(6)、(7)、(8)式组成*。

$$\begin{aligned}
 & (m_D + m_T + m_{DT} + \frac{1}{3}m_B)(S_1 \ddot{\Phi}_1 + 2\dot{S}_1 \dot{\Phi}_1) + (m_D + m_T + m_{DT} + \frac{1}{2}m_B)\dot{U}\sin\Phi_1 + S_2(m_T + \frac{1}{2}m_{DT}) \\
 & [\ddot{\Phi}_2 \cos(\Phi_1 - \Phi_2) + \dot{\Phi}_2^2 \sin(\Phi_1 - \Phi_2)] - m_B U \frac{\dot{S}_1}{2S_1} \sin\Phi_1 = (P_D + P_T + P_{DT} + q_1 \frac{l_1}{2}) \cos\Phi_1 - C_B \frac{S_1}{12} \\
 & (3S_1^2 \dot{\Phi}_1^2 + 8S_1 \dot{\Phi}_1 U \sin\Phi_1 + 6U^2 \sin^2\Phi_1) - C_{DT} \frac{S_2}{S_1} \{ [\dot{S}_1 \sin(\Phi_1 - \Phi_2) + U \sin\Phi_2 + S_1 \dot{\Phi}_1 \cos(\Phi_1 - \Phi_2)]^2 \\
 & [S_1 \cos(\Phi_1 - \Phi_2) + \frac{S_2}{2}] - S_2 \dot{\Phi}_2 [\dot{S}_1 \sin(\Phi_1 - \Phi_2) + U \sin\Phi_2 + S_1 \dot{\Phi}_1 \cos(\Phi_1 - \Phi_2)] [S_1 \cos(\Phi_1 - \Phi_2) + \\
 & \frac{2S_2}{3}] - S_2^2 \dot{\Phi}_2^2 [\frac{S_1}{3} \cos(\Phi_1 - \Phi_2) + \frac{S_2}{4}] + [\dot{S}_1 \cos(\Phi_1 - \Phi_2) - U \cos\Phi_2 - S_1 \dot{\Phi}_1 \sin(\Phi_1 - \Phi_2)]^2 S_1 \sin(\Phi_1 \\
 & - \Phi_2) \} - C_D V_D [U \sin(\Phi_1 + \gamma_1) + S_1 \dot{\Phi}_1 \cos\gamma_1 - \dot{S}_1 \sin\gamma_1] - C_T V_T [U \sin(\Phi_1 + \gamma_2) + S_1 \dot{\Phi}_1 \cos\gamma_2 - \\
 & \dot{S}_1 \sin\gamma_2 + S_2 \dot{\Phi}_2 \cos(\Phi_1 - \Phi_2 + \gamma_2)] \quad (5)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & (m_T + \frac{1}{3}m_{DT})S_2 \ddot{\Phi}_2 + (m_T + \frac{1}{2}m_{DT}) [(\ddot{S}_1 - S_1 \dot{\Phi}_1^2) \sin(\Phi_1 - \Phi_2) + (S_1 \ddot{\Phi}_1 + 2\dot{S}_1 \dot{\Phi}_1) \cos(\Phi_1 - \Phi_2) + \\
 & \dot{U} \sin\Phi_2] = (P_T + q_2 \frac{l_2}{2}) \cos\Phi_2 - C_T V_T [U \sin(\Phi_2 + \gamma_2) + S_1 \dot{\Phi}_1 \cos(\Phi_2 - \Phi_1 + \gamma_2) - \dot{S}_1 \sin(\Phi_2 - \Phi_1 + \\
 & \gamma_2) + S_2 \dot{\Phi}_2 \cos\gamma_2] - C_{DT} \frac{S_2}{12} \{ 3S_2 \dot{\Phi}_2 + [U \sin\Phi_2 + \dot{S}_1 \sin(\Phi_1 - \Phi_2) + S_1 \dot{\Phi}_1 \cos(\Phi_1 - \Phi_2)] + 6[U \sin\Phi_2 + \\
 & \dot{S}_1 \sin(\Phi_1 - \Phi_2) + S_1 \dot{\Phi}_1 \cos(\Phi_1 - \Phi_2)]^2 \} \quad (6)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & m_C \ddot{X}_A = P_e - R_K - C_B S_1 (U^2 \sin^2\Phi_1 + U S_1 \dot{\Phi}_1 \sin\Phi_1 - \dot{\Phi}_1^2 \frac{S_1^2}{3}) \sin\Phi_1 - C_D S_2 \{ [\dot{S}_1 \sin(\Phi_1 - \Phi_2) + \\
 & U \sin\Phi_2 + S_1 \dot{\Phi}_1 \cos(\Phi_1 - \Phi_2)]^2 + S_2 \dot{\Phi}_2 [\dot{S}_1 \sin(\Phi_1 - \Phi_2) + U \sin\Phi_2 + \frac{S_1}{2} \dot{\Phi}_1 \cos(\Phi_1 - \Phi_2)] + \frac{1}{3} S_2^2 \dot{\Phi}_2^2 \} \\
 & \sin\Phi_2 - C_D V_D [U \cos\gamma_1 + S_1 \dot{\Phi}_1 \sin(\Phi_1 - \gamma_1) - \dot{S}_1 \cos(\Phi_1 - \gamma_1)] - C_T V_T [U \cos\gamma_2 + S_1 \dot{\Phi}_1 \sin(\Phi_1 - \gamma_2) \\
 & - \dot{S}_1 \cos(\Phi_1 - \gamma_2) + S_2 \dot{\Phi}_2 \sin(\Phi_2 - \gamma_2)] \quad (7)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & - M_1 \ddot{S}_1 - M_2 \dot{S}_1^2 + (m_D + m_T + u_1 l_1) \dot{U} \cos\Phi_1 + (P_T + P_D + q_1 l_1) \sin\Phi_1 + V_D [C_S U_1 - C_C U_2 + \\
 & C_T \dot{\Phi}_2 S_2 \sin(\Phi_2 - \Phi_1 - \gamma_2)] = T_A \quad (8)
 \end{aligned}$$

以上式中

$$M_1 = m_D + m_T + \frac{I_0 + \mu_1 L r_0^2 + \mu_1 d(L^2 - l^2)/2n\pi}{r^2} \quad (9)$$

$$M_2 = \frac{M_1 - \mu_1 l - m_D - m_T}{2nr^2\pi} d \quad (10)$$

$$r = \sqrt{r_0^2 + \frac{d}{n\pi}(L - l)} \quad (11)$$

$$U_1 = \dot{S}_1 - U \cos\Phi_1 \quad (12)$$

$$U_2 = U \sin\Phi_1 + S_1 \dot{\Phi}_1 \quad (13)$$

* 详见参考文献[2]。文中按力学中的习惯写法, Φ_1 对时间 t 的一阶导数 $\frac{d\Phi_1}{dt}$ 记为 $\dot{\Phi}_1$, 二阶导数记为 $\ddot{\Phi}_1$, Φ_2 , X_A , Z_A , X_D , Z_D 等均类同。

$$C_S = C_D \sin \gamma + C_T \sin \gamma_2 \quad (14)$$

$$C_C = C_D \cos \gamma_1 + C_T S \cos \gamma_2 \quad (15)$$

T_A : 所放出曳纲的上端张力(N)。

I_0 : 曳纲绞机鼓轮对轴的换算惯矩($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)。

r_0 : 曳纲绞机鼓轮半径(m)。

d : 曳纲的直径(m)。

L : 全部曳纲长度(m)。

n : 鼓轮上缠绕一层曳纲的圈数。

以上(5),(6),(7),(8)式为二阶常微分方程式,四个式子组成了拖网系统运动方程组。这个微分方程组,显然只能进行数值解,为了计算方便,可将以上四个二阶微分方程简化成八个一阶常微分方程式组成的一阶常微分方程组成的方程组。

$$\begin{cases} d\Phi_1/dt = \omega_1 \\ d\omega_1/dt = C_{14} \\ d\Phi_2/dt = \omega_2 \\ d\omega_2/dt = C_{13} \\ dX_A/dt = u \\ du/dt = C_3 \\ dS_1/dt = V_{S1} \\ dV_{S1}/dt = C_9 \end{cases} \quad (16)$$

(16)式中 V_{S1} 为 S_1 的运动速度,而

$$C_1 = -\frac{1}{M_1} (m_D + m_T + \mu_1 l_1) \cos \Phi_1 \quad (17)$$

$$C_2 = \frac{1}{M_1} \{ (P_D + P_T + q_1 l_1) \sin \Phi_1 + V_D [C_c \mu_1 - C_S U_2 + C_T S_2 \dot{\Phi}_2 \sin(\Phi_2 - \Phi_1 - \gamma_2)] - M_2 \dot{S}_1^2 - T_A \} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} C_3 = \frac{1}{M_1} \{ & P_c - R_K - C_B S_1 (U^2 \sin^2 \Phi_1 + U S_1 \dot{\Phi}_1 \sin \Phi_1 - \dot{\Phi}_1^2 \frac{S_1^2}{3}) \sin \Phi_1 - C_D S_2 \sin \Phi_2 \{ [\dot{S}_1 \sin(\Phi_1 - \Phi_2) + \\ & U \sin \Phi_2 + S_1 \dot{\Phi}_1 \cos(\Phi_1 - \Phi_2)]^2 + \frac{S_2^2}{2} \dot{\Phi}_2 [\dot{S}_1 \sin(\Phi_1 - \Phi_2) + U \sin \Phi_2 + S_1 \dot{\Phi}_1 \cos(\Phi_1 - \Phi_2)] + \dot{\Phi}_2 \frac{S_2^2}{3} \} - \\ & C_D V_D [U \cos \gamma_1 + S_1 \dot{\Phi}_1 \sin(\Phi_1 - \gamma_1) - \dot{S}_1 \cos(\Phi_1 - \gamma_1)] - C_T V_T [U \cos \gamma_2 + S_1 \dot{\Phi}_1 \sin(\Phi_1 - \gamma_2) - \dot{S}_1 \cos \\ & (\Phi_1 - \gamma_2) + S_2 \dot{\Phi}_2 \sin(\Phi_2 - \gamma_2)] \} \end{aligned} \quad (19)$$

$$C_4 = (m_D + \frac{1}{2} m_{DT}) S_2 \cos(\Phi_1 - \Phi_2) / [(m_D + m_T + m_{DT} + \frac{1}{3} m_B) S_1] \quad (20)$$

$$C_5 = (m_D + m_T + m_{DT} + \frac{1}{2} m_B) \sin \Phi_1 / [(m_D + m_T + m_{DT} + \frac{1}{3} m_B) S_1] \quad (21)$$

$$\begin{aligned} C_6 = \{ & (P_D + P_T + P_{DT} + q_1 \frac{l_1}{2}) \cos \Phi_1 - C_B \frac{S_1}{12} (3 S_1^2 \dot{\Phi}_1^2 + 8 U S_1 \dot{\Phi}_1 \sin \Phi_1 + 6 U^2 \sin^2 \Phi_1) - \frac{S_2^2}{S_1} C_{DT} \{ [\dot{S}_1 \sin \\ & (\Phi_1 - \Phi_2) + U \sin \Phi_2 S_1 \dot{\Phi}_1 \cos(\Phi_1 - \Phi_2)]^2 [S_1 \cos(\Phi_1 - \Phi_2) + \frac{S_2^2}{2}] - S_2 \dot{\Phi}_2 [\dot{S}_1 \sin(\Phi_1 - \Phi_2) + U \sin \Phi_2 \\ & + S_1 \dot{\Phi}_1 \cos(\Phi_1 - \Phi_2)] [S_1 \cos(\Phi_1 - \Phi_2) + 2 \frac{S_2^2}{3}] - S_2^2 \dot{\Phi}_2^2 [\frac{S_1}{3} \cos(\Phi_1 - \Phi_2) + \frac{S_2^2}{4}] + [\dot{S}_1 \cos(\Phi_1 - \Phi_2) - \end{aligned} \end{aligned}$$

$$U\cos\Phi_2 - S_1\dot{\Phi}_1\sin(\Phi_1 - \Phi_2)]^2 S_1\sin(\Phi_1 - \Phi_2)\} - C_D V_D [U\sin(\Phi_1 + \gamma_2) + S_1\dot{\Phi}_1\cos\gamma_1 - \dot{S}_1\sin\gamma_1] - C_T V_T [U\sin(\Phi_1 + \gamma_2) + S_1\dot{\Phi}_1\cos\gamma_2 - \dot{S}_1\sin\gamma_2 + S_2\dot{\Phi}_2\cos(\Phi_1 - \Phi_2 + \gamma_2)] - 2(m_D + m_T + m_{DT} + \frac{1}{3}m_B)\dot{S}_1\dot{\Phi}_1 - (m_T + \frac{1}{2}m_{DT})S_2\dot{\Phi}_2^2\sin(\Phi_1 - \Phi_2) + U m_B \frac{\dot{S}_1}{2S_1}\sin\Phi_1\} / [m_D + m_T + m_{DT} + \frac{1}{3}m_B)S_1] \quad (22)$$

$$C_7 = (m_T + \frac{1}{2}m_{DT})S_1\cos(\Phi_1 - \Phi_2) / [(m_T + \frac{1}{3}m_{DT})S_2] \quad (23)$$

$$C_8 = (m_T + \frac{1}{2}m_{DT})\sin\Phi_2 / [(m_T + \frac{1}{3}m_{DT})S_2] \quad (24)$$

$$C_9 = C_2 - C_1C_3 \quad (25)$$

$$C_{10} = (m_T + \frac{1}{3}m_{DT})\sin(\Phi_1 - \Phi_2) / [(m_T + \frac{1}{3}m_{DT})S_2] \quad (26)$$

$$C_{11} = \{P_T\cos\Phi_2 - C_T V_T [U\sin(\Phi_2 + \gamma_2) + S_1\dot{\Phi}_1\cos(\Phi_2 - \Phi_1 + \gamma_2) - \dot{S}_1\sin(\Phi_2 - \Phi_1 + \gamma_2) + S_2\dot{\Phi}_2\cos\gamma_2] - C_{DT} \frac{S_2}{12} \{3S_2^2\dot{\Phi}_2^2 + 8S_2\dot{\Phi}_2[U\sin\Phi_2 + \dot{S}_1\sin(\Phi_1 - \Phi_2) + S_1\dot{\Phi}_1\cos(\Phi_1 - \Phi_2)] + 6[U\sin\Phi_2 + \dot{S}_1\sin(\Phi_1 - \Phi_2) + S_1\dot{\Phi}_1\cos(\Phi_1 - \Phi_2)]^2\} + (m_T + \frac{1}{2}m_{DT})[S_1\dot{\Phi}_1^2\sin(\Phi_1 - \Phi_2) - 2\dot{S}_1\dot{\Phi}_1\cos(\Phi_1 - \Phi_2)]\} / (m_T + \frac{1}{3}m_{DT})S_2 \quad (27)$$

$$C_{12} = C_8 - C_5C_3 \quad (28)$$

$$C_{13} = (C_{11} - C_7C_{12} - C_8C_5 - C_9C_{10}) / (1 - C_4C_7) \quad (29)$$

$$C_{14} = C_{12} - C_4C_{13} \quad (30)$$

二、计算与分析

以上八个微分方程所组成的方程组是将拖网系统运动简化为平面运动后,考虑了拖网系统中拖网船、曳纲、网板、手纲和拖网的运动和受力后建立的。反映了拖网系统中各部分的运动和受力的关系,是拖网系统运动的基本微分方程组。利用这个方程组既可以解决拖网设计中的问题,也可以用来解决理论计算的问题。

为了进一步分析这些问题,现将拖网生产中经常遇到的问题,以实例进行数值计算。^{*}

现设 $P_e = 118000$, $P_T = 19000$, $P_D = 19000$, $C_T = 12000$, $C_D = 1100$, $C_B = C_{DT} = 0.05$, $m_D = 1962$, $m_T = 1962$, $m_C = 2000000$, $S_2 = 200$, $D_1 = D_2 = 0.028$, 系数 $A = 9000$, $B = 9000$, $C = 5000$, 4 , $E = 750.0$, $K = 0.9$, $q_1 = q_2 = 50$, 海水密度 $1040(\text{kg}/\text{m}^3)$, $m_B = m_{DT} = 5.6$, $\gamma_1 = \gamma_2 = 0^\circ$, 用 Runge-Kutta 法对以上微分方程组进行数值计算时,计算步长为 0.1 秒,长度 $l_1 = 300\text{m}$ 。图 2 为拖网船曳网时,曳纲长度不变,而拖速 $U = 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0\text{m/s}$ 时,拖网深度 H_T 和网板深度 H_C ,以及曳纲和手纲与水平的夹角 Φ_1 和 Φ_2 的变化。

由图 2 可见,当曳网速度提高时,拖网和网板深度明显降低,而曳纲和手纲与水平的夹角 Φ_1 和 Φ_2 亦同样变小。如果要提高拖网网位,即使曳纲长度不变,加快曳网速度也是可能的。

* 以上数值取自参考文献[5]

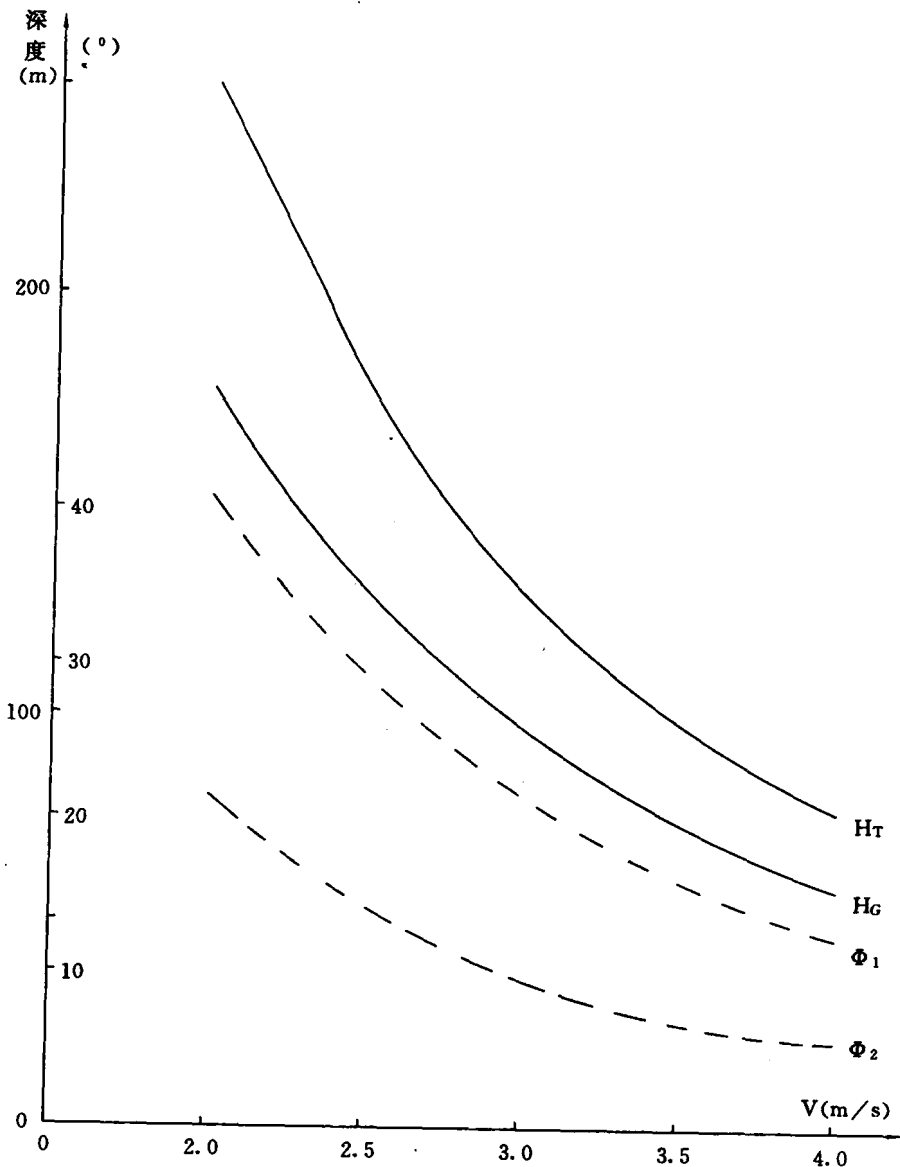


图2 拖网、网板深度及 Φ_1 、 Φ_2 与曳网速度的关系

图中实线为拖网深度(H_T)和网板深度 H_G , 虚线为 Φ_1 、 Φ_2 角度。

图3是拖速 $U=4.0\text{m/s}$, 曳纲实际长度 l_1 分别为 300、400、500、600、700m 时, 若开始 10 秒内, 曳纲长度不变, 拖速也不变, 拖网深度 H_T 的变化情况。当 l_1 不同时, 在开始 6 秒内, H_T 变化不大。但到 6 秒后, l_1 值较小, H_T 明显增大, 但到 16 秒后又渐趋平衡。

图4是船曳网速度为 4m/s , 开始时 $l_1=300\text{m}$ ($S_1=270\text{m}$), 曳纲松出时的初速度 V_{s1} 分别为 1、2、3、4、5m/s, 在 10 秒内曳纲计算长度 S_1 和拖网深度 H_T 的变化情况。

图5是在拖网速度为 4m/s , $l_1=600\text{m}$ ($S_1=540\text{m}$), 曳纲收绞初速度 V_{s1} 分别为 1、2、3、4、5m/s 时, 在 10 秒内曳纲计算长度 S_1 和拖网深度 H_T 的变化情况。

图 6 是 $l_1=300m(S_1=270m)$, 曳纲松放, 且初速度为 $V_{s1}=1m/s$, 但船曳网速度不同, 分别为 2.0、2.5、3.0、3.5、4.0 m/s 时的曳纲计算长度 S_1 和拖网深度 H_T 的变化情况。

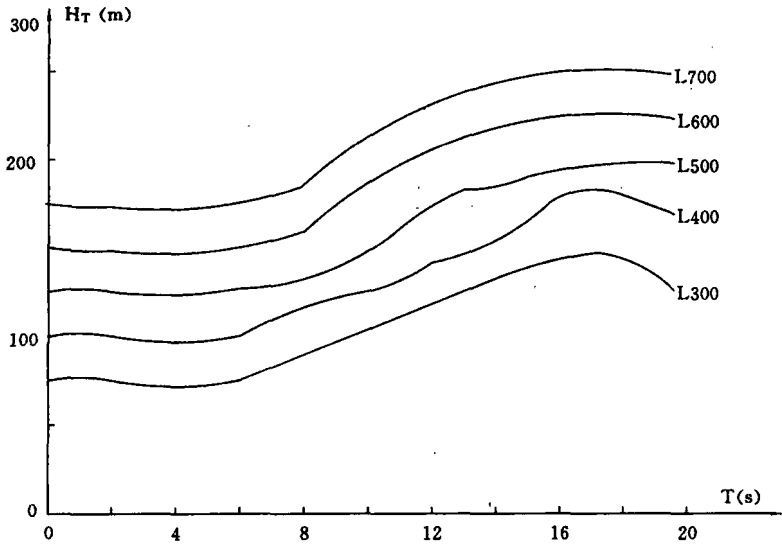


图 3 曳纲长度 l_1 不同时, 在开始 20 秒内, 拖网深度 (H_T) 的变化情况

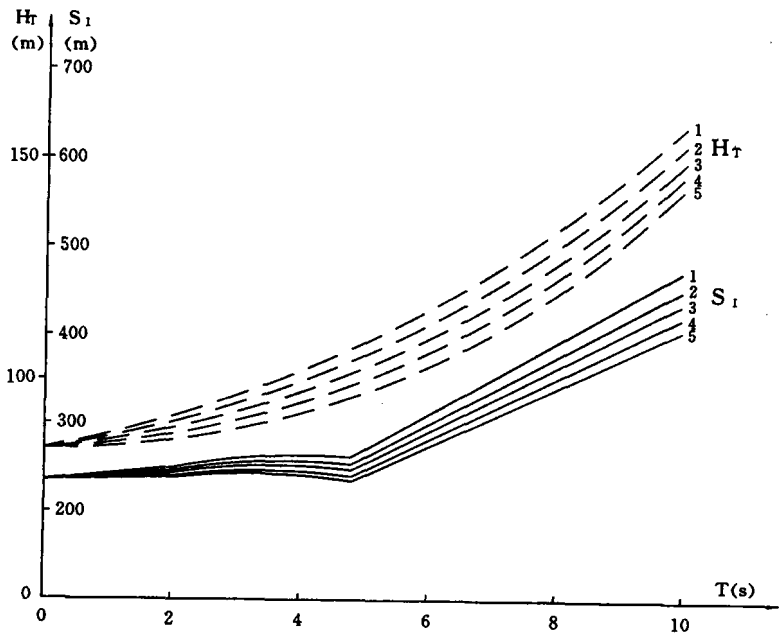


图 4 船曳网时, 曳纲以不同的初速度 V_{s1} 松出后, 计算长度 S_1 (图中实线) 和网位的深度 H_T (图中虚线) 的变化情况

图 7 是 $l_1=1000m(S_1=900m)$, 曳纲收绞且具有初速度为 $1m/s$, 但船曳网速度不同, 分别

为2.0、2.5、3.0、3.5、4.0 m/s 时的曳纲计算长度 S_1 和拖网深度 H_T 的变化情况。

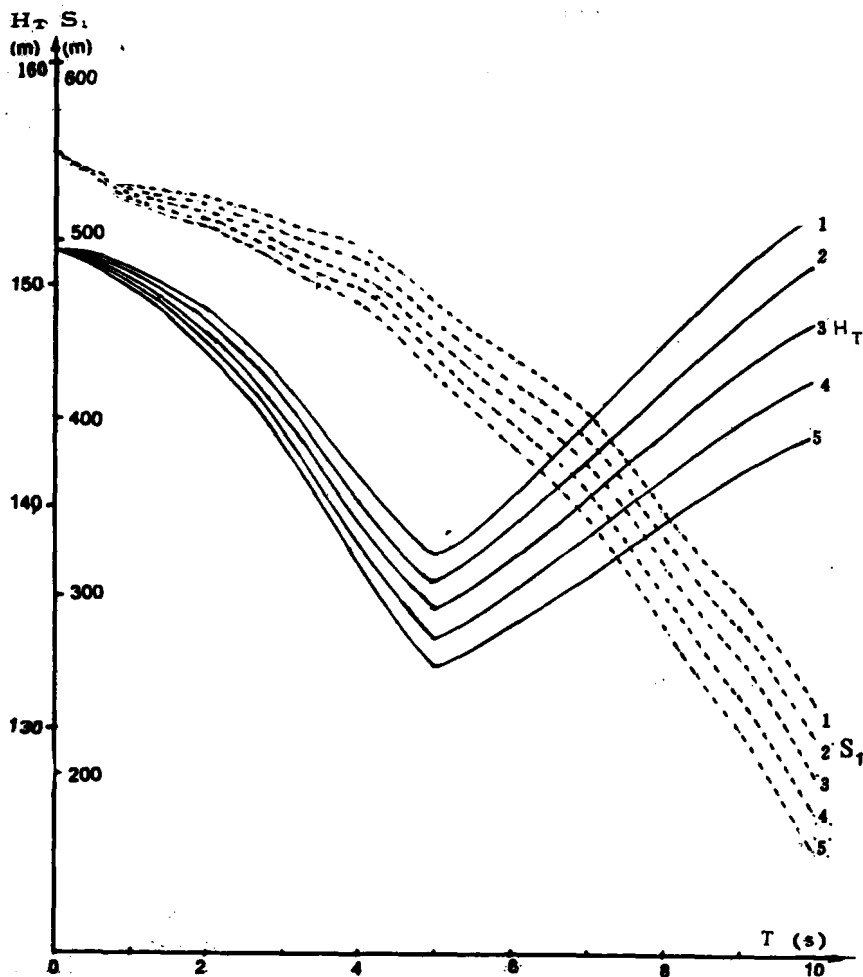


图5 船曳网时,曳纲以不同的初速度 V_{S1} 收绞,曳纲计算长度 S_1 (图中实线)和网位的深度 H_T (图中虚线)的变化情况

三、小 结

1. 拖网是当今远洋捕捞中的重要渔具,本文是从分析力学方法着手,将拖网系统中的拖网船、曳纲、网板、手纲和拖网简化为平面问题。并在考虑到手纲因素后对 A. Л. Фридман 关于 Φ_1 和 Φ_2 和 Lagrange 方程^[4],以及作者在过去的研究^[2]作了补充,建立了拖网系统运动微分方程组。

2. 为了探求拖网系统各组成部分的运动规律,将拖网系统运动微分方程组进行数值解后发现,在生产中经常关注的拖网网位问题,不单和船曳网速度、曳纲长度有关,而且和曳纲松放、收绞以及其初速度的大小有密切关系。如果能将曳网速度、曳纲长度和曳纲松放或收绞时一定的初速度配合使用,将会收到更好的效果。

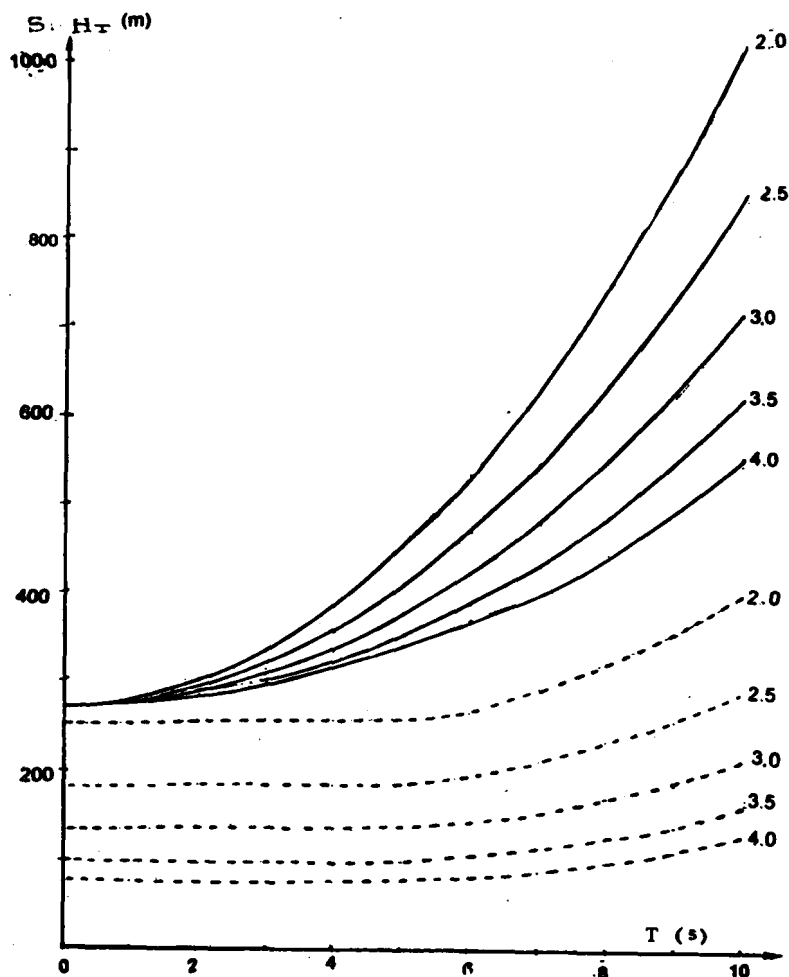


图6 曳纲计算长度 $S_1 = 270m$, 松放初速度为 $1m/s$, 而船曳网速度 U 不同时, S_1 (图中实线) 和 H_1 (图中虚线) 的变化情况

3. 拖网系统运动实际上是个空间问题, 目前仅是初步探讨, 进一步的研究还有待进行。

参考文献

- [1] 余显炜, 1986. 网板、拖网、拖网船的配合计算. 浙江水产学院学报 5(1): 21—34.
- [2] 余显炜, 1989. 拖网系统运动方程式的导出, 全国水产捕捞学术交流会论文报告汇编(1989), 44—54. 中国水产学会.
- [3] В. П. Карпенко, А. Л. Фридман, 1980. устройство раскрытия рыболовных тралов, пищевая Промышленность, 16—126.
- [4] А. Л. Фридман, 1981. Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства, лёгкая и пищевая. Промышленность 209—231.
- [5] Б. А. Альтшуль, А. Л. Фридман, 1990. Динамика траловой системы. АГРОПРОМІЗДАТ, 116—117.

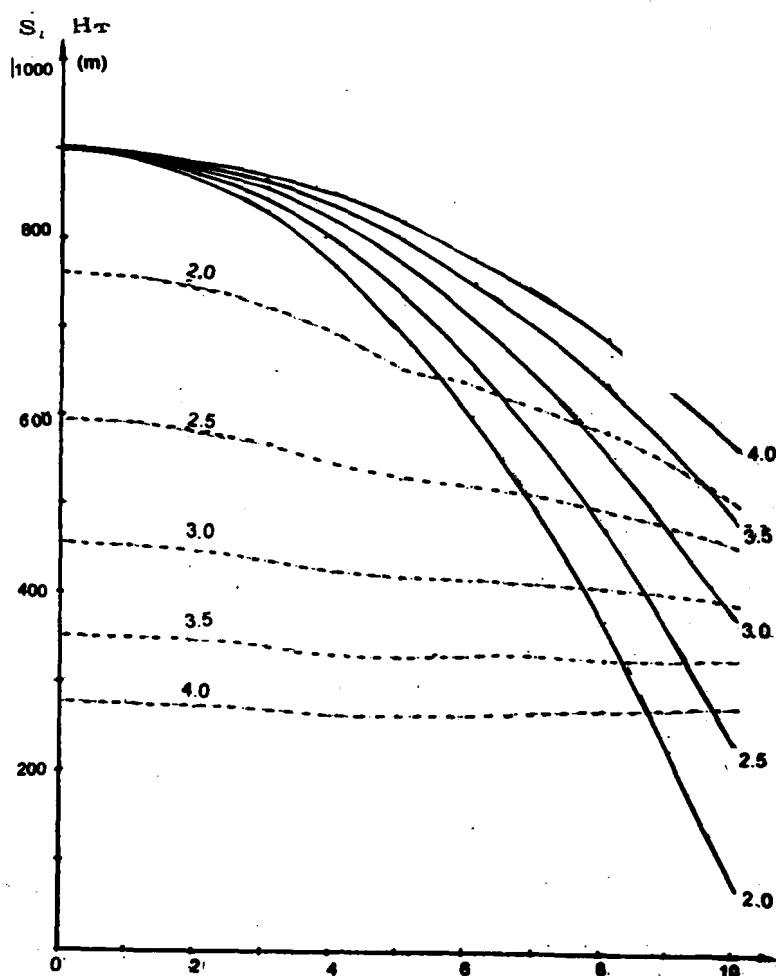


图7 曳纲初始计算长度 S_1 为 900m, 收绞初速度为 1m/s, 而船曳网速度 U 不同时, S_1 (图中实线) 和 H_r (图中虚线) 的变化情况

RESEARCH ON THE UNSTABLE MOTION OF TRAWL SYSTEM

She Xian-Wei

(Zhejiang Fisheries College, Zhoushan 316101)

ABSTRACT Modern trawling is a dynamic system composed of trawler, warps, otter boards, fishing ropes and trawl itself. During fishing operation, the speed and direction of trawling and the length of warp should be continuously adjusted according to the position, swimming speed and direction of fish school. This makes the trawling system at an unstable status of motion. Based on dynamic analysis, a differential equation for trawl system has been set up in this paper. Considering the adjusting parameters in real fishing operation, initial values were given to the equation and results were calculated in computer. The results were discussed in this paper.

KEYWORDS Trawling System, Unstable Motion, Research

拖网网型主尺度参数的计算机优化方法研究

任志忠 黄笑萍

(中国水产科学研究院南海水产研究所, 广州, 510300)

【摘要】 本文主要论述了拖网渔具设计初期网型主尺度参数的选择问题。在渔船和拖速(捕捞对象)确定的条件下,拖网的主尺度:网口周长、网具全长、线径、网目尺寸等如何给出,且不同渔船功率和拖速的改变,网口周长、网具全长、线径、网目尺寸将作怎样的相应变化,这是拖网渔具设计中十分关键的技术问题。

作者采用全国渔具区划调查的拖网数据及拖网设计基本公式,用优化组合法分别对单、双拖作业单位形成三十和十二个设计方案段,每个方案段分别产生 1080 和 864 个设计方案,在此基础上进行参数优化,得出各方案段网周最大的优化方案供设计者选择。

结果表明,在最优方案中,网口周长随马力增大而增大,随拖速增加而减小,随 d/a 值增大而减小。规律明显,可信度高。

关键词 拖网设计 计算机技术

底拖网渔具设计是一项复杂的系统工程,设计者要充分顾及到多种因素对渔具正常运行的影响。由于因素多,在设计初期,往往顾此失彼。在诸多网型参数中如何搭配得合理,在有限的渔轮拖力前提下,尽可能使用大规格渔具,捕到预定游泳速度的鱼,而达到最好的捕捞效果,这是拖网设计、改进的中心问题。

国内外学者,为了使拖网渔具设计有充分的依据,作了大量的基础工作,主要使用水槽和风洞模型试验手段讨论渔具阻力与运动速度的非线性关系。早期田内、巴拉诺夫在低速段(速度在 0.51m/s 以下)测得关系式为 $R=KSV^{2.5}$ ^[3,5]。后来狄克逊、克立司登生等使用了与田内等大致相同的试验条件,速度指数仍取平方,但在系数和增加参数方面作了调整,使方程得以成立^[9,10]。70 年代后期我国渔轮拖网阻力协作组在拖速 $1.03\text{m/s} \sim 2.57\text{m/s}$ 区间测得关系式为 $R=KSV^{1.5}$,证明了 $R-V$ 指数关系不定,随拖速变化而变化,速度越快,指数越小^[1,2]。这一结论与日本日网公司在单拖网设计中,在相对拖速 1.80m/s 时为 $R=KSV^{1.5}$ 的结果是相一致的^[4]。我国目前拖网作业使用的拖速就在 $1.03\text{m/s} \sim 2.57\text{m/s}$ (2 节~5 节)之间,因此采用 $R=KSV^{1.5}$ 符合我国情况。南海区陈兴崇利用大量的拖网数据采用统计的方法,得出网口周长与主机马力的关系式 $C=K\sqrt{N}$ ^[3]。这些基础研究为拖网设计工作提供了可借鉴的依据。

目前的拖网渔具设计,虽有一定的理论根据,但主要还是靠实践经验,其过程一般为:选定拖速(与捕捞对象有关)→计算渔轮有效拖力(作业的源动力)→确定渔具规格。渔具规格受有

* 本文在 1997 年 12 月北海市召开的“’97 全国水产捕捞学术研讨会”上宣读。由于本文应用的计算公式均为当时的计量单位,因此本文有的计量单位虽不规范,但限于前述原因,编者不便改动,特此说明。

效拖力的限制,即:设计的拖网渔具最大阻力不能超过有效拖力。而满足此条件的渔具规格参数不局限一组,这就给人们提出如何确定一组最佳的参数问题来。以往手工经验设计不能解决在顾及全体参数同时变化所产生的诸多方案的择优挑选问题。因此会产生自己长期使用的拖网渔具存在着不合理的网型参数搭配,而自己不知道的现象,是不足为奇的。

因此,为了提高拖网渔具设计的水平,减少盲目性,进一步研究渔轮拖力与渔具规格的诸多参数如何合理匹配,进而提高渔获效果,是十分必要的。

本文采用优化组合法和计算机技术,对单拖作业产生 1080 个网具参数设计方案,对双拖作业产生 864 个网具参数设计方案,在诸多方案中,以马力和拖速为指标分成若干组,每组优化出最佳网具参数设计方案,供设计者选择。

本研究结果给出了拖网渔具设计初期的拖网主尺度的参数方案,根据主尺度,设计者按拖网各部份的比例继续设计各部份的详细尺寸和剪裁斜率。

一、材料与方法

本文采用拖网渔具设计中常用的三个公式,即:渔船有效拖力,拖网渔具阻力,网口周长与马力关系等及 N 、 V 、 R 、 d/a 、 C 、 L 六个参数,使用计算机技术,用优化组合方法,优选出拖网渔具设计参数方案。

1. 使用的公式

(1) 计算渔船有效拖力^[3]

$$T = (0.8 \times 67.5 \times 0.27N) / V \quad (1)$$

式中: T ——用于拖网的渔船有效拖力(kgf)

N ——渔船额定马力(HP)

V ——拖速(m/s)

(2) 计算拖网渔具阻力^[2]

$$R = 8.28d/aCLV^{1.5} \quad (2)$$

式中: R ——拖网渔具阻力(kgf)

d/a ——拖网渔具线径与半目比的加权平均值

C ——拖网渔具网口周长(m)

L ——拖网渔具全长(m)

V ——拖速(m/s)

(3) 网口周长与主机马力的关系式^[3]

$$C = K \sqrt{N} \quad (3)$$

式中: C ——拖网渔具网口周长(m)

N ——渔船额定马力(HP)

K ——系数

2. 网型参数优化组合方法与步骤

(1) 按拖网作业单位,分别计算出单、双拖渔船的有效拖力。

单拖:取渔船主机额定马力数为:250,400,600,900,1000,1200 等六个等级,每等级取拖