

大连海事大学航海学院
辽宁航海学会 编

航海技术与航海教育

HANGHAI JISHU YU

HANGHAI JIAOYU LUNWENJI

论文集

2005

大连海事大学出版社

航海技术与航海教育 论文集(2005)

大连海事大学航海学院
辽宁航海学会 编

大连海事大学出版社

© 大连海事大学航海学院, 辽宁航海学会 2006

图书在版编目(CIP)数据

航海技术与航海教育论文集.2005 / 大连海事大学航海学院, 辽宁航海学会编. —大连: 大连海事大学出版社, 2006.2

ISBN 7-5632-1940-4

I. 航… II. ①大… ②辽… III. ①航海学—文集 ②航海学—教育工作—文集 IV. U675-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 004524 号

大连海事大学出版社出版

地址: 大连市凌海路 1 号 邮政编码: 116026 电话: 0411-84728394 传真: 84727996

<http://www.dmupress.com> E-mail: cbs@dmupress.com

大连市东晟印刷有限公司印装 大连海事大学出版社发行

幅面尺寸: 185 mm × 260 mm 字数: 468 千字 印张: 18.75

2006 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月第 1 次印刷

责任编辑: 史洪源 阴 洁 版式设计: 海 韵

封面设计: 王 艳 责任校对: 一 凡

定价: 40.00 元

序

《航海技术与航海教育论文集》出版已经进入第六个年头了。六年来,论文集秉承创刊宗旨,面向 21 世纪,面向国际航运,面向我国经济建设特别是海运建设主战场,面向具有国际竞争力的航海人才培养,为广大从事航海事业的实践者、教育者及管理者提供一个交流与研究航海科学与技术、航海教育与培训的学术平台和论坛。实践表明,这一交流和研究的平台对促进我国航海技术与航海教育成果与经验的交流、提高我国航海科技与教育的学术水平发挥了有效作用,对保障海上交通安全、提高海上运输效率、加速我国航海强国的建设步伐产生了积极意义。

目前,我国经济发展已经进入一个新的关键时期,能否实现“十一五”规划的发展任务,在很大程度上取决于交通运输、特别是海上交通运输能否适应经济发展的需求。因此,加强航海科学和技术研究工作,培养一流的国际型航海人才,依然是当前极其紧迫的任务。本论文集在今后的相当一段时间内仍将主要任务定位在航海科学研究和航海教育理论与经验交流的平台。为了进一步发挥平台的作用,建设好这一平台,我们从本期开始设立论文技术委员会,对所投稿件进行质量把关。

本论文集收集的论文分航海技术、航海教育和其他三个部分。其中,航海技术部分主要包括船舶运动控制、航海模拟器的应用、船舶导航设备新技术、无线电通信、船舶自识别系统(AIS)、港口交通管理系统(VTS)的现状与发展等方面的研究成果;航海教育部分介绍了新的教学手段和教学方法、航海类专业发展战略、航运人才培养模式及有关航海类学生综合素质培养等方面的专门论述;其他部分介绍了相关海运法规、航海新设备等方面的内容。

值此论文集出版之际,我们谨代表辽宁航海学会和大连海事大学航海学院,向关心和支持该论文集出版的各兄弟单位及各界朋友,致以衷心的感谢和诚挚的祝福!

辽宁航海学会秘书长:王志新

大连海事大学航海学院院长:刘正江

2005年12月16日

《航海技术与航海教育论文集》编辑委员会

主任委员:关政军

副主任委员:王志新 刘正江 石爱国

委员:

于晓利 王孝通 东 昉 戴 冉

陈富汉 刘德新 韩 庆 杜嘉立

秘书:朱金善

《航海技术与航海教育论文集》技术委员会

主任委员:刘正江

副主任委员:王志新 关政军 石爱国

委员:

金一丞 洪碧光 戴 冉 徐邦祯

张吉平 张显库 李 伟 姜朝研

秘书:朱金善

目 录

航海技术

Inmarsat_B 船站模拟器的研究与开发	李少龙,李 超,金一丞(3)
Z 型推进器港作拖轮操纵性仿真研究	侯建军 石爱国(8)
如何使用 Inmarsat - C 系统的 SMS 业务	李彦军,戴 冉,周志娣(16)
船舶航向变结构模糊控制研究	印绍周,杜嘉立(20)
船舶碰撞事故过程验证与仿真	王 骁 ¹ ,唐 冲 ¹ ,肖 冰 ¹ ,石爱国 ² ,杨宝璋 ² (26)
船舶航向高阶线形变结构控制	卜仁祥 ¹ ,许 琪 ² ,李铁山 ³ (33)
基于 Oracle Spatial 的中版海图数据库构建技术	蔡斯文,张英俊(37)
基于 S-63 标准的 EPS 系统的研究	李肇坤,赵德鹏,王德强,杨华兵(43)
RTK 技术 DGPS 用于船舶自动靠离泊导航	陈小凤,成 川(47)
变螺距桨船舶性能研究	杨 波,石爱国,庄 毅,代 亮(51)
船舶碰撞事故统计分析	肖 冰 ¹ ,余 力 ¹ ,唐 冲 ¹ ,王 骁 ¹ ,石爱国 ² (59)
伽利略卫星导航系统	洪德本,全东群(63)
与标绘相当的雷达系统观测方法探讨	房希旺,薛满福(67)
GMDSS 模拟系统中语音通信系统的设计	何建国,梁 媛(71)
船舶所受岸吸力的一种理论计算方法	孙大铭(75)
船间相互作用力的一种模型的探讨	谷元全,杨林家(81)
大型船舶航行下沉量计算方法 的比较	白宇明,戴 冉,朱金善,施行永,李培军,岳兴旺(87)
电子海图 ER 文档保护的研究	李 超,李少龙,王 斌(94)
多元异构数据在 S-57 电子海图平台上融合的研究	李邵喜 ¹ ,杨华兵 ² (98)
风浪中螺旋桨水动力变化的实用计算方法	梁前超 ¹ ,万 林 ² ,石宁权 ³ ,张永胜 ⁴ (103)
伽利略卫星导航系统与其应用发展对中国的影响	朴占锋,胥佳明(112)
基于 Agent 的船舶模型研究	杨华兵,李肇坤,张忠杰(115)
舰船运动中环境阻力变化的实用计算方法	余 力 ¹ ,肖 冰 ¹ ,王 骁 ¹ ,唐 冲 ¹ ,石爱国 ² (121)
具有移动多媒体功能的 Inmarsat - F 系统	李彦军,张仲超(129)
模拟雷达信号发生器的研制	王 科,李志华,刘秀文(134)
二维声相关计程仪测速原理	陈小凤,成 川(138)
应用流水线设计 FPGA 加法器	沙梅君,李英男(142)
装载运输精矿粉的安全管理及具体措施	李继凯,李荣辉(146)

航海教育

- 略论教与学的矛盾运动..... 周志娣,张仲超,张国强(151)
- 高校教务管理队伍建设之管见..... 王 晔(154)
- 关于电子海图教学的探讨..... 张 闯,刘 彤,戚晓丽(157)
- 航海教育的新课题——海洋防污染教育探究..... 尹相达(161)
- 论信息技术对航海教育的影响 潘广杰,李红喜(165)
- 浅析航海人才培养模式理论与实践 胥佳明,朴占锋(170)
- 浅议高等航海院校半军事管理 吕红光,鞠 岩(177)
- 重视实验教学,突出实验效果..... 沙梅君,李英男(182)
- 浅议教学中的难点..... 周志娣,陈 放,李彦军(185)

其 他

- 关于交通容量的计算问题 王世伟,刘正江(191)
- 模糊多属性决策在军事航线优选中的应用研究..... 芮震峰,石爱国,杨宝璋(195)
- 谈新技术的发展对宁波港口引航生产管理的提升 胡中敬¹,孙光圻²(201)
- 国内外高速水翼船研究开发综述..... 任俊生(206)
- 船长如何与引航员相互交流和配合 薛满福,房希旺(210)
- 国内船舶油污损害赔偿中利益各方的协调 王 江¹,倪承世²,徐志华³(213)
- 海洋空间信息服务平台客户端的实现技术 潘广杰,张英俊(217)
- 基于 DirectX SDK 的海战场环境仿真
实现方法..... 余 力¹,肖 冰¹,唐 冲¹,王 骁¹,石爱国²(222)
- 基于 EDI 信息的集装箱运输增值服务研究 李 超,刘 伟(227)
- 基于小生境进化算法的舰船水动力导数
辨识..... 王 骁¹,唐 冲¹,芮震峰²,石爱国²,杨宝璋²(231)
- 建立船舶油污保险和油污损害赔偿制度研究 单艳伟,张仁峰(238)
- 舰船拖带设备研究..... 肖 冰¹,余 力¹,唐 冲¹,王 骁¹,石爱国²(242)
- 救助遇难船舶的对策以及理论依据 罗晓明¹,单艳伟²,张付喜³(248)
- 跨航道桥梁和架空线缆净空高度的研究 施行永,戴 冉,朱金善,白宇明(252)
- 渤海湾 AIS 基地的构想及实现 李肇坤,杨华兵,赵德鹏,高振华(256)
- 利用 AIS 进行海上交通调查的可行性分析 李 杰,白宇明,朱金善(260)
- 两起救生艇事故之探讨 沈 江¹,高守军²,姜朝妍³(265)
- 浅谈舰用 AIS 的选型 唐 冲,王 骁,肖 冰,余 力(269)
- 浅谈辽宁省各港口 VTS 的现状与发展..... 刘 洋,杜嘉立(274)
- 综合安全评价方法(FSA)在海上安全应用的分析 张 鹏¹,徐志华²,许广岩³(279)
- 油类含量的研究..... 王 倩(285)
- 安全航速的理解与量化..... 苏开文(290)

航海技术

Inmarsat_B 船站模拟器的研究与开发

李少龙, 李 超, 金一丞

(大连海事大学动态仿真与控制实验室 辽宁 大连 116026)

摘要: Inmarsat 系统是一个全球的海上卫星移动通信系统, 为配备 Inmarsat 移动终端设备的船舶提供高质量的电话、电传、数据和传真通信线路和业务。Inmarsat_B 系统是整个 Inmarsat 系统的重要组成部分。我们开发研制了 Inmarsat_B 船站模拟器, 在局域网上实现了 Inmarsat_B 船站的电传与电话通讯的模拟。本文介绍了如何以 VC++6.0 为工具进行 Inmarsat_B 船站模拟系统的研究开发, 以及在研究开发过程中所使用的一些关键技术。

关键词: GMDSS; VC++ 6.0; PCM; 套接字; TCP 协议; UDP 协议; 语音; 网络

0 引 言

Inmarsat_B 系统作为整个 INMARSAT 系统的一个重要组成部分, 它是一数字通信系统。Inmarsat_B 船站主要是由两大模块组成: 上甲板设备 (ADE) 和下甲板设备 (BDE)。其中上甲板设备主要是由天线单元与用于固定天线的底座部分组成; 下甲板设备主要是由主控单元 (MCU)、显示手柄 (HANDSET)、遇险报警单元、电源部分组成。Inmarsat_B 船站能提供双向的直拨数字电话、双向电传、话音频带传真 (数据)、高速数据 (56/64 kbit/s) 等业务。根据 SOLAS 公约的要求, 必须对从事航运事业的人员进行 GMDSS 培训。研究与开发 GMDSS 相关通信产品的模拟器, 为 GMDSS 培训提供了廉价的培训环境, 并且可以避免因误操作所带来的负面影响。

1 模拟系统功能简介

本模拟系统基本符合 GMDSS (Global Maritime Danger and Safety System 全球海上遇险与安全系统) 模拟器的要求, 它可以进行电话和电传通信, 它所有的操作和设置都是面向 OPERATOR 操作培训级别的。电话业务包括常规电话和遇险电话两种模式, 电传也有常规电传与遇险电传两种模式。遇险电话只发给教练员站, 此时教练员站充当 RCC 的功能; 遇险电传发给本洋区的所有船站, 同时还发给教练员站。本系统通过与大型船舶模拟器相连, 可以适时地获得本船的基本信息, 如本船的位置、航向、航速等; 本系统也可以在单机的状况下进行操作, 此时船舶的基本信息可以用手工的方式从 HANDSET 上输入。能够根据本船的位置信息动态地设置本船的洋区, 并且能根据本船的经纬度及本船所选用洋区的卫星, 通过以下公式, 计算本船所使用的通信卫星的方位角 φ 与仰角 φ_e 的大小:

$$\tan \varphi_e = \frac{\cos \theta_1 \cos \varphi - 0.151}{\sqrt{1 - (\cos \theta_1 \cos \varphi)^2}} \quad \varphi_a = \arctan \left[\frac{\tan \varphi}{\sin \theta_1} \right]$$

其中 $\varphi = |\varphi_1 - \varphi_2|$, φ_1 和 θ_1 为地球站的经、纬度, φ_2 为星下点的经度。

φ_a 是以正南方向为基准的方位角, 因此根据地球站与卫星的相对位置可以求出天线的实际方位角 φ 。

φ_a , 地球站在卫星的西南象限

$360^\circ - \varphi_a$ 地球站在卫星的东南象限

φ_a $180^\circ + \varphi_a$ 地球站在卫星的东北象限

$180^\circ + \varphi_a$ 地球站在卫星的西北象限

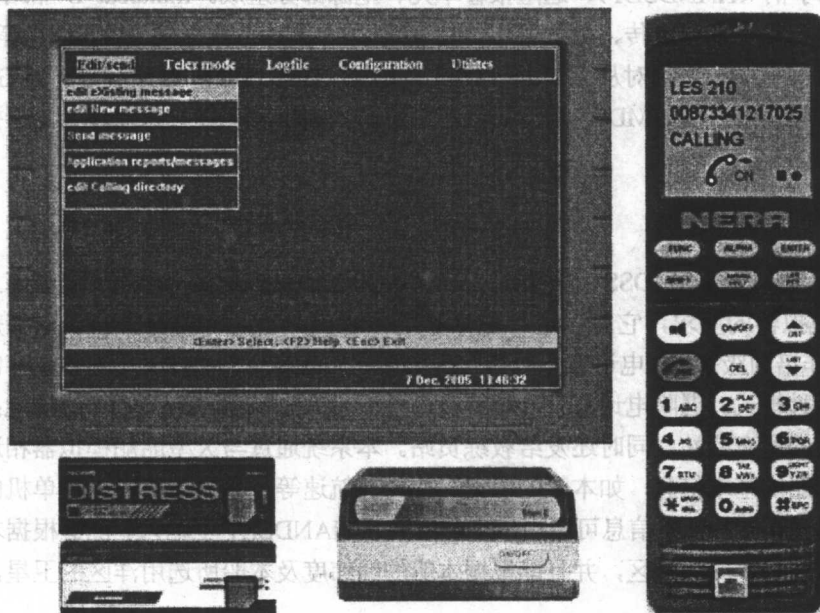
另外还能进行一些与通信相关的设置, 如每个洋区常规通信时所选用的默认岸站、遇险通信的默认岸站、时间的设置与修改、通信记录的存档等。

2 系统的模拟实现

Inmarsat_B 船站模拟器用 VC++6.0 编程实现, 其关键技术主要包括如下几个方面:

2.1 界面编程

Inmarsat_B 船站模拟器的主界面如下所示, 其左边是 Inmarsat_B 船站的 PC 部分, 在其上主要是进行电传的相关操作。由于 Inmarsat_B 船站的 PC 部分是在 DOS 环境下进行的, 不支持鼠标操作, 我们采用的是在 Windows 环境下仿真 DOS 的相关操作。



下拉菜单的仿真, 如上图所示的“菜单”并非是真的菜单, 而是在弹出的对话框上进

行相关的绘图。为了方便操作，此处我们用到了模板链表 `CList <CDialog*, CDialog*>` `m_dialogstack`，把每次弹出来的对话框用链表来存储，而当我们按下 ESC（退出）键后，就调用 `theApp.m_dialogstack.RemoveTail()` 函数，把最后打开的对话框从链表中删除掉，而右边的 `Handset` 部分我们采用鼠标点击的方式来模拟按键的相关操作。

2.2 电传通讯的模拟实现

该模拟系统利用局域网来实现电传通讯，而局域网中的通信是由 TCP/IP 协议来完成的。TCP/IP 协议簇包括 TCP 和 UDP 两种。无论是采用 TCP 协议还是采用 UDP 协议，都能实现电传的通讯往来。本模拟系统采用两者相结合的方式来实现。

TCP：即是面向连接的数据报服务，它能提供一种双工的、可靠的、无差错的、有序的传输。之所以说是面向连接的是因为 TCP 协议是在进行数据传输前，首先必须在源端和目的端之间建立一条连接，如果建立失败，源和目的端点就不会进行数据传送。TCP 会保证传输数据的正确性，它有差错控制和流量控制，保证传输的报文按顺序到达。基于以上特点，我们采用 TCP 协议来模拟实现常规的电传通讯。采用这种方式，其实现包括以下几个步骤：

(1) 以 `CAsyncSocket` 为基类派生出一个自己要用的 `MySock` 类，当然事先要在程序中加入 Windows Sockets 支持。

(2) 我们采用的是客户机服务器（每台计算机既是客户机又是服务器）方式来实现，声明三个 `MySock` 类的对象：`MySock m_Client`（客户），`MySock m_Server`（服务器），`MySock m_Listen`（侦听），并且调用如下几个函数让 `m_Listen` 处于侦听状态：`Create(5000, SOCK_STREAM)` 进行套接字的建立 `Bind(5000, LocalIP)` 与本机的 IP 地址进行绑定，`Listen()` 进行侦听。

(3) 在 `MySock` 类中需要重载以下几个虚函数：`OnAccept(int nErrorCode)`，`OnReceive(int nErrorCode)` 函数，客户机方发出申请连接（`Connect`）的消息，当接受到此消息后，`OnAccept` 消息响应函数即会响应；当接受到数据后，`OnReceive` 消息响应函数就会响应。

(4) 若 A 主机要给 B 主机发送报文（A 主机就是客户机状态，B 主机就处于服务器状态），就调用 `m_Client.Create(5001, SOCK_STREAM)` 函数创建一个套接字，后调用 `m_Client.Connect(m_sServerIP, 5000)` 函数进行通讯线路的连接。

(5) B 主机收到连接请求后，给予一个连接应答，如果答应对方的请求，就调用 `Connect` 函数进行连接确认。

(6) A 主机调用 `Send` 函数进行数据的发送；B 主机的接受是在虚函数 `OnReceive` 中完成的，因此根据实际情况需要在 `OnReceive` 函数中添加所需的相关代码。

(7) 通信完成后，必须进行套接字的释放，即调用 `ShutDown` 和 `Close` 函数进行套接字的关闭。

UDP：即用户数据报，该数据报提供不可靠的面向无连接的传输服务。所谓不可靠就是指网络对数据报尽最大努力进行传输，但不能保证数据报能完好地传输到目的地，不能控制数据报传输过程不发生差错，即该种传输服务可能导致数据报在传输过程中的丢失、出错或者数据报不按顺序到达。采用 UDP 协议，能进行广播与多播的通信。基于以上特点，我们利用 UDP 协议来模拟实现遇险电传的通讯。采用 UDP 协议进行通信，其实现主要包括如下几个步骤：

(1) 以 `CAsyncSocket` 为基类派生出一个自己要用的 `MySock` 类。

(2) 声明两个 mySock 类对象，一个用于发送，一个用于接受。

(3) 在 MySock 类中重载以下两个虚函数：OnAccept, OnReceive。

(4) 调用 Create 函数建立套接字，函数的第二个参数是 SOCK_DGRAM，表明是采用 UDP 协议；调用 Bind 函数，使端口与特定的 IP 地址进行绑定。

(5) 调用 SendTo 函数进行数据报的发送。

(6) 对方的接收是在 OnReceive 函数中调用相应的 ReceiveFrom 函数完成的。

无论采用哪种协议进行通信，都是面向字符的，发送方与接收方的端口可以不一样，但发送与接收的数据结构必须一致，才能进行正常的通信。

2.3 局域网中语音通信的实现

我们利用声卡将从 Microphone 输入的模拟信号进行模数转换即 (A/D)，然后录制下来，经过压缩编码，然后通过局域网进行传输；接收方将从网络上接收到的语音信息进行解压缩，用声卡将其还原，经耳机输出语音信号。本模拟系统能够模拟拨号音，来电的振铃音，并能实现真正的电话通信。我们的编程实现由以下几个步骤组成：

(1) 为了调用 Windows 的底层音频函数，在头文件里必须包含 mmsystem.h 和添加 Winmm.lib 库。

(2) 添加打开录音设备 MM_WIM_OPEN 消息处理函数、关闭录音设备 MM_WIM_CLOSE 消息处理函数、当缓存已满或者停止录音时的消息 MM_WIM_DATA 处理函数、当给定的波形声音输出设备被打开时的消息 MM_WOM_OPEN 处理函数，并且添加相关程序代码。

(3) 添加一个打开录音设备并进行音频设备初始化的函数。在此函数中对用于打开音频设备的 WAVEFORMATEX 结构体进行初始化，我们采用的是 PCM 脉冲调制编码、双声道、采样率是 11 025 Hz、数据率是 11 025 Hz，为用于接收和播放、发送和录音的四块缓冲区进行内存分配，并且调用打开播放波形音频设备的函数 waveOutOpen 函数、为播放和录音做准备的函数 waveOutPrepareHeader 和 waveInPrepareHeader 函数等。

(4) 拨通电话后就调用以上相关函数进行录音、发送、接收和播放处理，录音和发送是采用双缓存技术，一块录音，录满后开始发送，另一块发送，发完又开始录音，如此两块缓存循环使用，提高了工作效率，并且改善了语音效果。

当然，局域网中的语音通信还可以通过另外一种方式来实现，即利用第三方提供的以音频压缩动态库 G729.dll 为主的动态链接库，调用 CInterface 接口类中的以下几个成员函数：Init()实现语音通信之前的初始化，Start()进行语音通信，调用 End()进行通信结束拆除线路工作。这种方法实现起来比较简单，效果也比较好。

3 展 望

本模拟系统从总体上来讲基本上达到了 GMDSS 模拟器的要求，目前该模拟器已经投入使用。但由于时间和条件的限制，此模拟系统还存在一些需要完善的地方，大致如下：

(1) 对于 Inmarsat_B 系统中 RENTER 和 OWNER 级别中的一些增强的功能还未实现。

(2) 未能模拟实现 Inmarsat_B 船站出现的设备故障报警。

参考文献

- 1 David J.Kruglinski Scot Wingo. vc++ 6.0 技术内幕. 北京: 北京希望电子出版社, 2004
- 2 易君. Visual c++.NET 网络编程. 北京: 中国铁道出版社, 2003
- 3 黄永峰. 因特网语音通信技术及其应用. 北京: 人民邮电出版社, 2000
- 4 赵辉, 叶自青. Visual C++ 系统开发实例精粹. 北京: 机械工业出版社, 2002
- 5 杨广治, 刘柏森. 船用通信设备(下). 大连: 大连海事大学出版社, 1997

Z型推进器港作拖轮操纵性仿真研究

侯建军, 石爱国

(海军大连舰艇学院航海系 辽宁 大连 116018)

摘要: 本文以港作拖轮导管螺旋桨为研究对象, 以推力计算为研究内容, 采用二阶非线性响应方程建立了拖轮的操纵性方程, 并进行了仿真测试, 为实现拖轮协助大型舰船系泊仿真系统提供了理论依据和模型基础。

关键词: Z型推进器; 港作拖轮; 操纵性仿真

1 关于Z型推进器

性能优良的港作拖轮, 多采用舵桨推进装置即所谓的Z型推进器。这种推进器由一个导管螺旋桨和一套Z型传动的轴系组成, 即主机在水平面内的转轴通过涡轮、蜗杆, 带动一段垂直轴, 再带动另一安装螺旋桨的水平轴。这样, 螺旋桨不仅由主机带动转动, 而且本身可绕垂直轴作任意角度的转动, 改变推力的方向。这种推进系统一般都装设两套, 配合使用时, 主机不需反转和变速, 只改变推力的方向, 即可变速和转向, 包括原地旋回和横移, 操纵非常灵活。

Z型推进器一般采用的是导管螺旋桨, 即在普通螺旋桨外面加套一个纵剖面为机翼型的圆筒, 这种圆筒称为导管, 如图1所示。导管可以改善螺旋桨周围的水流状况, 以提高总推力, 其效果在低速时比较显著, 例如, 当航速为4~5 kn时, 导管螺旋桨比普通螺旋桨的推力要大20%~30%, 因此广泛应用于操纵性能优良、负荷较重的拖轮等船型上。

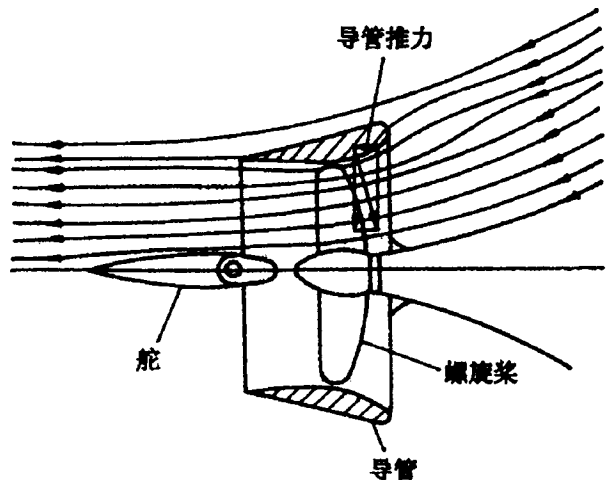


图1 导管螺旋桨

2 导管螺旋桨推力数模

导管螺旋桨由于导管的作用, 其产生的推力也与普通螺旋桨有所不同, 因此推力计算模型也要做相应的修改。杨盐生根据芳村和野本的思想, 对导管桨四象限推力系数的图谱进行了分析, 得出了四象限推力系数和横向系数的近似估算方法, 给出了估算公式。此方法比较全面, 但略显烦琐, 而且所需数据

较多，不便于实际运算。

本文认为，作为近似计算，可以采用对普通螺旋桨推力进行导管系数修正的方法。导管对普通螺旋桨推力的影响主要表现为增额系数 t_H ，表征计算流速的系数 $\bar{\psi}_H$ 和受黏性影响造成的推力系数的降低值 ΔK ，其中：

$$t_H = \frac{\beta_H + 0.6 \frac{l}{D} \cdot \frac{v_a}{v} - 1}{1 + 0.5 \frac{v_a}{v}} \quad (1)$$

$$\bar{\psi}_H = (\beta_H + 0.6 \frac{l}{D} \cdot \frac{v_a}{v} - 1) \left(1 + \frac{\frac{v_a}{v}}{2\beta_H + \frac{v_a}{v} + 1.2 \frac{l}{D} \cdot \frac{v_a}{v}} \right) \quad (2)$$

$$\Delta K = 0.5\pi \frac{l}{D} \lambda_p^2 (1 + \bar{\psi}_H)^2 C_x \quad (3)$$

C_x 是导流管阻力系数，可由图 2 根据 X 确定，而

$$X = \frac{\sqrt{\alpha_H} - \sqrt{\beta_H}}{l/D}$$

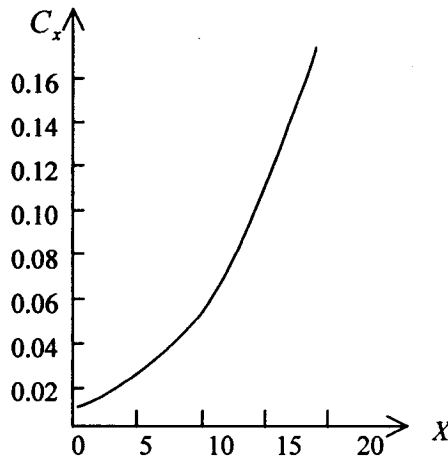


图 2 导流管阻力系数曲线

式中： α_H ——导流管的入口面积与最小横断面积之比；

β_H ——导流管的出口面积与最小横断面积之比；

$\frac{l}{D}$ ——导流管的长度与它的最小内径之比;

$\frac{v_a}{v}$ ——螺旋桨轴向诱导速度比。

则导管螺旋桨的推力为:

$$T = (1 + t_H + \bar{\psi}_H - \Delta K) \cdot K_T \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D^4 \quad (4)$$

式中: K_T ——导管内螺旋桨推力系数, 可由瓦根宁根水池四象限推力图谱获得;

ρ ——海水密度;

n ——螺旋桨转速;

D ——螺旋桨直径。

3 导管螺旋桨推力计算的仿真验证

荷兰船模试验池的 No.19A+Ka 螺旋桨系列, 是比较著名的导管螺旋桨系列。我们采用 No.19A 导管的数据, 同时由于缺乏 Ka 螺旋桨的数据, 故而采用了某 3200 马力拖船的 SRP1010FP 舵桨推进装置中的螺旋桨数据, 计算了此时的导管桨总推力系数, 过程如下所述。

3.1 SRP1010FP 舵桨的螺旋桨数据

$$Z = 4, \quad D = 2 \text{ m}, \quad \theta = 0.74, \quad H/D = 0.7$$

据此可以根据瓦根宁根系列推力图谱经修正得到此螺旋桨的敞水推力和力矩曲线 (以第一象限为例), 拟合公式如下:

$$K'_r = -0.12354\lambda_p^2 - 0.25957\lambda_p + 0.2945,$$

$$K'_q = -0.01213\lambda_p^2 - 0.02836\lambda_p + 0.03592$$

$$\eta = \frac{K'_r}{K'_q} \cdot \frac{\lambda_p}{2\pi}$$

3.2 No.19A 导管要求

$\frac{l}{D} = 0.5$, 所以 $l = 1 \text{ m}$, $c = 0.008D = 0.016 \text{ m}$, 经查该导管剖面数据得:

$$R_\lambda = 1.1841 \text{ m}, \quad R_{\text{出}} = 1.0396 \text{ m}, \quad R_{\text{min}} = \frac{D}{2} + c = 1.016 \text{ m},$$

$$\alpha_H = \left(\frac{R_\lambda}{R_{\text{min}}}\right)^2 = 1.358$$

$$\beta_H = \left(\frac{R_{\text{出}}}{R_{\text{min}}}\right)^2 = 1.047$$

其中: α_H ——导流管的入口面积与最小横断面积之比;

β_H ——导流管的出口面积与最小横断面积之比;

$\frac{l}{D}$ ——导流管的长度与它的最小内径之比;

c ——螺旋桨叶片边缘与导流管内表面之间的间隙;

R_λ ——导流管的入口半径;