

[文章编号] 1007-7405(2015)01-0033-04

VTS 对船舶搁浅危险预警

孙 苗^{1,2}, 兰培真^{2,3}

(1. 广东海洋大学航海学院, 广东 湛江 524025; 2. 集美大学海上交通安全研究所, 福建 厦门 361021;

3. 交通安全应急信息技术国家工程实验室, 北京 100000)

[摘要] 为提高船舶交通管理系统(Vessel Traffic Service, VTS)对船舶搁浅危险预警的有效性, 综合应用船舶 AIS 系统、电子海图和潮汐等信息, 根据船舶的大小、运动状态以及相对位置, 设置动态的搁浅危险判定条件, 根据引入的形成搁浅紧迫局面的时间(Time of Close-Quarters Situation of Ground, TCQG)值来判断船舶搁浅危险的紧迫程度, 以指导有关人员及时向存在搁浅危险的船舶发出危险预警信息, 提醒船舶及时采取合适的避浅行动. 经模拟器验证该预警方法切实可行, 对船舶搁浅危险有预警作用.

[关键词] 船舶搁浅; VTS; TCQG; 预警模型

[中图分类号] U 675

[文献标志码] A

Research on Ship Grounding Risk Alerts by VTS

SUN Miao^{1,2}, LAN Pei-zhen^{2,3}

(1. School of Navigation, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524025, China; 2. Institute of Maritime Traffic Safety,

Jimei University, Xiamen 361021, China; 3. National Engineering Laboratory on Transportation Security and

Emergency Information Technology, Beijing 100000, China)

Abstract: To improve the effectiveness of ship grounding alert in VTS waters, this paper combines the application of ship AIS, ECDIS and tide information, etc. According to ships of different sizes, different states of motion and relative positions, it sets dynamic determination conditions of grounding risks. According to the introduction of Time of Close-Quarters Situation of Ground (TCQG), it can determine the degree of urgency of the danger of grounding for a vessel. Through this method, VTS duty officer can send out timely warning information to the ship in danger and let the ship take appropriate action to avoid grounding. This method can reflect the actual situation of the ship to avoid the danger of grounding through simulating and verifying by a simulator, and play a better role in ship grounding risk alerts by VTS.

Key words: ship grounding; VTS; TCQG; grounding alert

0 引言

随着大型化船舶数量的不断增加, 港口辖区内航道、港池等变得十分拥挤, 虽然船舶向着现代化不断的发展, 但是船舶搁浅事故依然时有发生, 尤其是油船的搁浅事故, 对生态环境的危害可能很多年都无法恢复. 目前针对船舶搁浅预警的研究大部分是对船舶搁浅事故的概率进行计算, 一种是采用

[收稿日期] 2014-03-21

[修回日期] 2014-12-18

[基金项目] 福建省自然科学基金资助项目(2010J01359)

[作者简介] 孙苗(1988—), 女, 硕士. 从事海上交通信息工程及控制研究. 通讯作者: 兰培真(1962—), 女, 教授, 博士, 从事海上交通信息工程研究. E-mail: peizlan@163.com.

故障树和事件树分析^[1]；有的引入模糊数学、蒙特卡罗等理论不断的修正搁浅概率计算模型^[2-3]；还有通过高斯模型来确定船舶搁浅风险的度量值^[4]。另一种方法是通过建立船舶领域来实现船舶的搁浅预警^[5]。第一类关于事故概率的研究本身就具有一定的模糊性，研究未能对搁浅的预警进行一个定量的研究；第二类研究从船舶的角度出发，通过搁浅预警搜索区域（Search Area for Grounding Alert, SAGA）来界定对最小安全水深的扫描范围，其模型与船舶交通管理系统（Vessel Traffic Service, VTS）压线报警的原理是一样的。

目前 VTS 中心采用的压线报警方式，对于判定阈值的设定存在局限性，报警信息数量太多且部分报警条件明显不合理，一定程度上扰乱了值班人员的判断，有时 VTS 干脆将搁浅报警关闭，那么，报警功能形同虚设。为提高 VTS 对船舶搁浅危险预警的有效性，本文从 VTS 监管的角度，综合应用船舶自动识别系统（Automatic Identification System, AIS）、电子海图和潮汐等信息，对不同水域、不同类型、不同大小的船舶建立动态的搁浅危险预警判定模型，实现对船舶的搁浅危险的实时监控，期望达到在减少报警的“量”的同时提高报警的“质”，真正发挥船舶搁浅危险预警的作用。

1 实时水深判定模型

要实现船舶搁浅危险的实时预警，关键还需要确定船舶在航行过程中可能的碍航区（点）。首先要确定目标船舶的最小安全水深要求，其次根据潮汐预报计算检索区域的实际水深，即根据电子海图水深实时计算相应的实际水深值，进一步确定航线向左右延伸的避浅安全距离（Safe Distance of Closest Point of Pass, DCP_{SP}）的矩形区域内是否存在碍航区（点）。

为预防船舶搁浅，船舶航行水域应有的最小安全水深 D 应该满足：船舶吃水 + 富余水深。船舶吃水由 AIS 信息直接获取，而富余水深的影响因素有很多，如船舶在航行过程中船体下沉、波浪以及由于波浪等造成的船舶纵倾等。本文 D 的确定综合考虑了船舶吃水 D_0 (m)、船体下沉值 D_1 (m)、船舶航行时龙骨下最小富余水深 D_2 (m)、波浪富余水深 D_3 (m) 以及纵倾富余水深 D_4 (m) 等。计算公式如下^[6]： $D = D_0 + D_1 + D_2 + D_3 + D_4$ 。其中， D_1 采用 Huuska 公式进行计算^[7]； D_2, D_3 的值根据 AIS 信息中的船舶载质量吨和电子海图的海底底质信息并参考文献 [6] 中的图表数据获取； D_4 的值，油船和散货船均取 0.15 m ^[7]，杂货船和集装箱船可忽略不计。

设实际水深值为 D' ，若 $D > D'$ 则说明检索区域内存在碍航区（点），进一步通过下文搁浅危险判定模型判定船舶搁浅危险的紧迫性，并及时提醒船舶采取避浅操作。实时水深判定流程如图 1 所示。

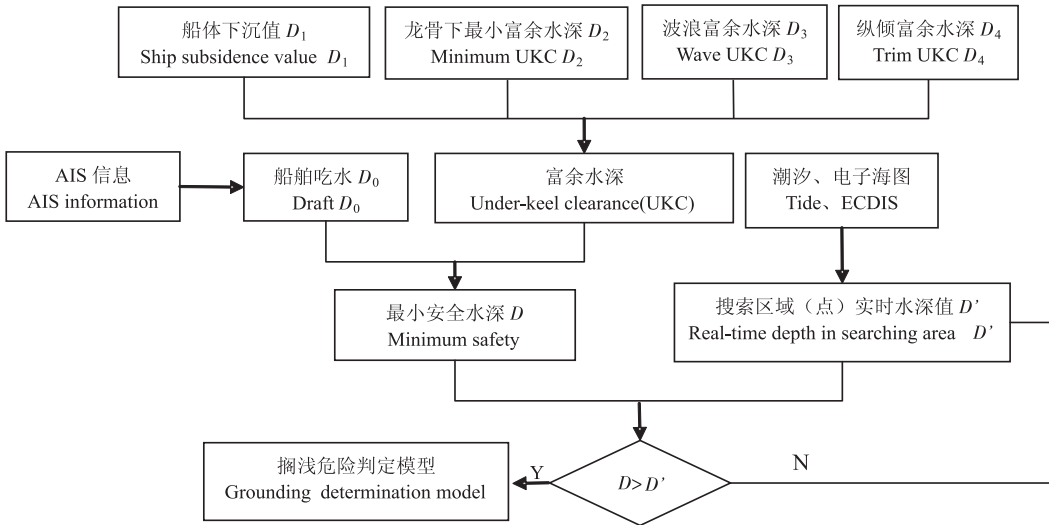


图 1 实时水深判定流程图
Fig.1 Real-time depth determination flowchart

2 船舶搁浅危险预警模型

为判定船舶是否存在搁浅的危险, VTS 需要实时计算目标船舶形成搁浅紧迫局面的距离 (Distance of Close - Quarters Situation of Ground, DCQG) 和形成搁浅紧迫局面的时间 (Time of Close - Quarters Situation of Ground, TCQG)^[8]. DCQG 的值取 DCP_P_s 与操纵余地^[9] (即旋回进距) 的和, 其中, 取目标船长作为 DCP_P_s 的判定值, 取 4 倍船长为操纵余地的判定值.

图 2 为船舶搁浅危险示意图, 其中: 中心点为 T ; 半径为 R 的圆形区域为碍航区; O 为本船; C 为航向; α 为船舶和碍航区中心连线与船舶航向的夹角. 通过前一节中实时水深判定模型得出检测区域内是否存在碍航点 (区), 检测船舶与检测区域内的浅水点的距离, 计算得出船舶通过碍航区的最近距离 (Distance of Closest Point of Pass, DCP_P). $DCPP = DIS \times \sin\alpha - R$; $TCQG = (DIS \times \cos\alpha - \sqrt{(R + DCQG)^2 - DCP^2})/V$.

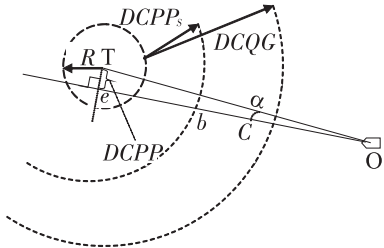


图 2 船舶搁浅危险示意图

式中的 DIS 为本船与碍航区的距离 (包括碍航区的半径 R 长度); V 为本船船速. 若 $DCPP \leq DCP_{P_s}$ 说明船舶存在搁浅的可能性, 进一步根据船舶的动静态信息得出 $DCQG$ 并计算出 $TCQG$ 的值, 本文 $TCQG$ 的判定值设定 3 min, 目的是留有一定的时间让 VTS 值班人员通过甚高频 (Very High Frequency, VHF) 及时向存在搁浅危险的船舶发出危险预警信息并采取合适的避浅行动, 以避免船舶进入搁浅紧迫危险的局面, 最终导致搁浅事故的发生. 船舶搁浅危险预警流程如图 3 所示.

Fig.2 Diagram of grounding risk of vessel

3 船舶搁浅危险预警实例

船舶 M (船长 258 m) 以 217° 航向, 12 kn 的速度从 S 点开始航行, 无风无流, 通过实时水深判定模型, 检测到距离本船距离 1.25 nmile (与碍航区中心点的距离) 处有一碍航区, 点击存在搁浅危险的船舶, 弹出实时的各项与搁浅判定相关的 $DCQG$ 、 $TCQG$ 及其他中间变量值 (图 4), 当 $TCQG$ 的值为 0 (理想情况) 时, 弹出搁浅危险预警信息对话框, 系统发出警告信息 (图 5), 船舶需要采取避浅措施. 航海模拟器的仿真实验如图 6 所示, 船舶在 $TCQG$ 为 0 时采取避浅操作后能够在安全距离上驶过碍航区, 证明该模型能够发挥船舶搁浅危险的预警作用.

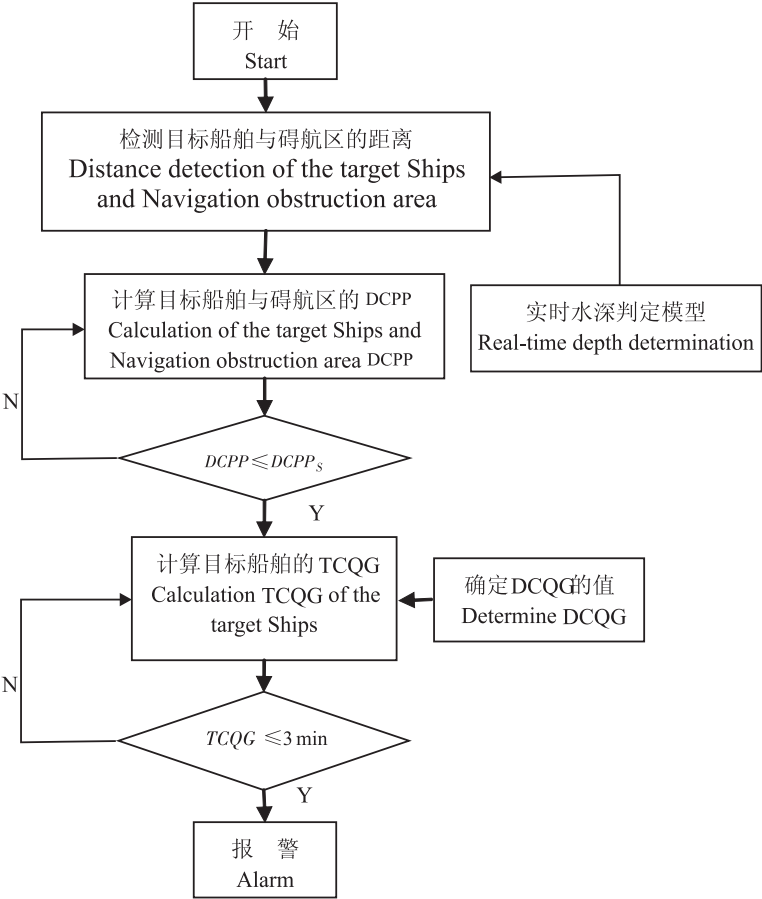


图 3 船舶搁浅危险的预警流程图

Fig.3 Process diagram of vessel grounding risk alert



图 4 DCQG、TCQG 及其他中间变量值

Fig.4 DCQG、TCQG and other intermediate variable values

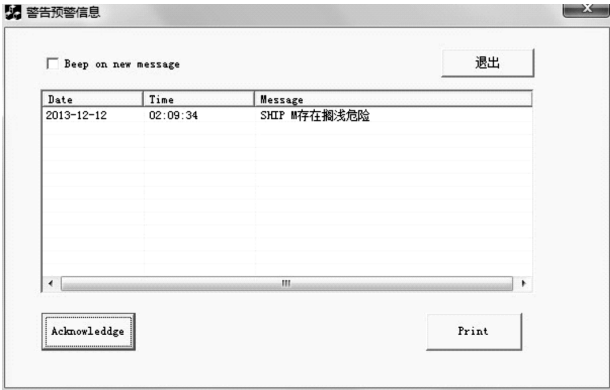


图 5 警告信息显示

Fig.5 Warning message display

4 结语

船舶搁浅危险预警是 VTS 对船舶航行危险预警的重要内容之一，为提高 VTS 对船舶搁浅危险预警的有效性，综合应用 AIS、电子海图和潮汐等信息，建立船舶搁浅危险判断模型，实现船舶的搁浅危险实时监控，根据引入的 DCQG 和 TCQG 值来判断船舶搁浅危险的紧迫程度，以指导值班人员及时向存在搁浅危险的船舶发出危险预警信息，提醒船舶及时采取合适的避浅行动。本文的搁浅危险判定模型根据船舶的大小、运动状态以及相对位置，设定动态的搁浅危险判定条件，并确定船舶的最佳避浅时间，避免船舶进入搁浅紧迫局面，克服了目前 VTS 辖区内船舶搁浅报警方法所存在的问题。该方法经模拟器模拟检验表明能够反映驾驶员操船避浅的实际情况。下一阶段，该方法将具体应用到 VTS 中去，有些参数可能需要在实际应用中进一步修改完善。

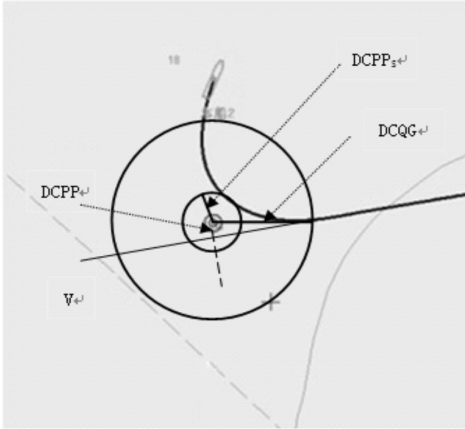


图 6 船舶避浅示意图

Fig.6 Diagram of ship avoiding aground

[参 考 文 献]

[1] 陈刚, 张圣坤. 船舶搁浅概率的模糊事件树分析 [J]. 上海交通大学学报, 2002, 36(1): 112-116.
[2] 杨鑫, 柳晓鸣, 徐婷婷. 基于模糊原理的船舶搁浅预警方法 [J]. 大连海事大学学报, 2012, 38(1): 24-28.
[3] 任亚磊, 牟军敏, 李亚军, 等. 进港航道中船舶搁浅概率的蒙特卡洛仿真 [J]. 船舶力学, 2014, 05: 532-539.
[4] 周梦婕, 葛泉波, 黄习刚, 等. 海上智能交通系统的新型船舶航行系统风险识别方案 [J]. 中国航海, 2013, 04: 114-118.
[5] 龚安祥, 胡勤友, 徐铁. SAGA: 一种新的船舶搁浅预警模型 [J]. 上海海事大学学报, 2007, 28(1): 106-110.
[6] 洪碧光. 船舶操纵 [M]. 天津: 天津海事局出版社, 2002: 112-113.
[7] 中华人民共和国交通部. 海港总平面设计规范 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1999.
[8] 邱志雄. 海上船舶碰撞搁浅危险监管方法的研究 [D]. 大连: 大连海事大学, 2009.
[9] 李丽娜. 船舶自动避碰研究中安全会遇距离等要素的确定 [J]. 大连海事大学学报, 2002, 3: 23-26.

(责任编辑 陈 敏 英文审校 周云龙)