

# 基于北斗卫星船位监控系统数据的南海双拖渔船作业特征研究

于 杰<sup>1,2,3,4,5</sup>, 周艳波<sup>1</sup>, 唐振朝<sup>1,2,3,4</sup>, 陈国宝<sup>1,2,3,4</sup>, 曾 雷<sup>1,2,3</sup>

(1. 中国水产科学研究院 南海水产研究所, 广东 广州 510300; 2. 中国水产科学研究院 海洋牧场技术重点实验室, 广东 广州 510300; 3. 农业农村部 南海渔业资源环境科学观测实验站, 广东 广州 510300; 4. 广东省渔业生态环境重点实验室, 广东 广州 510300; 5. 南方海洋科学与工程广东省实验室(广州), 广东 广州 511458)

**摘要:** 船位监控系统(vessel monitoring system, VMS)数据在渔船作业特征挖掘分析方面已有较多应用。本文以粤渔 10000/10011 双拖渔船 2017 年 8 月 16 日—9 月 16 日的 VMS 数据为例, 详细分析了该双拖渔船的作业状态, 研究了航次和网次提取方法, 并对捕捞强度的空间分布进行了分析。研究结果表明, 粤渔 10000/10011 有 4 个航速区间, 分别为  $<1.0$  m/s、 $1.0\sim1.8$  m/s、 $1.8\sim2.9$  m/s 和  $>2.9$  m/s, 对应渔船的抛锚和慢速、夜间拖网航速、白天拖网航速和巡航状态; 2017 年 8 月 16 日—9 月 16 日期间, 粤渔 10000/10011 共进行了 5 个航次 19 个网次的拖网作业, 其捕捞强度空间分布呈现近岸海域高离岸海域低的特征, 且夜间拖网主要在离岸海域, 白天拖网会转移到水深相对浅的近岸海域。

**关键词:** 南海; 双拖渔船; 船位监控系统

**中图分类号:** S975 **文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-3096(2021)10-0040-09

**DOI:** 10.11759/hyxx20200825001

船位监控系统(vessel monitoring system, VMS)是当前世界渔业发达国家普遍采用的渔船管理系统, 具备渔船定位、通信和安全管理等功能<sup>[1]</sup>。早期 VMS 主要依靠地区性卫星服务系统(Argos)和全球海事卫星通讯系统(Inmarsat)实现数据通信。由船载自动发报装置通过通信设备, 向岸基监控管理系统近实时传输渔船的船位、航速、航向、时间等信息。我国逐渐建立和发展了基于北斗卫星导航系统的渔船船位监控系统(简称北斗 VMS)。据统计, 2006 年以来, 我国有  $6\times10^4$  条渔船安装了北斗 VMS<sup>[2-4]</sup>, 该系统在我国渔业管理中发挥了巨大作用。

国外, VMS 数据已应用于捕捞行为识别、渔业资源评估、捕捞强度和捕捞努力量估算等<sup>[5-9]</sup>方面。我国在北斗 VMS 数据分析应用方面也有了一些基础, 张胜茂等自 2014 年开始, 先后利用北斗 VMS 数据开展了捕捞努力量、捕捞追溯、捕捞水产品溯源、捕捞特征、网次和航次提取和渔具空间分布等分析研究<sup>[10-18]</sup>, 另外, 张荣瀚等<sup>[19]</sup>和郑巧玲<sup>[2]</sup>也开展了北斗 VMS 数据的分析和挖掘。目前, 国内在北斗 VMS 数据分析和挖掘信息方法主要以东海沿海省市的渔船为研究对象, 南海相关研究鲜见报道。本文以长年在南海北部珠江口渔场进行生产的一对双拖渔船粤渔 10000/10011 的北斗 VMS 数据资料为基础,

详细分析了该对双拖渔船的作业状态特征, 并对航次和网次进行了提取, 分析了捕捞强度的空间分布特征。

## 1 材料与方法

### 1.1 数据来源

本研究采用的北斗 VMS 数据来自中国水产科学研究院南海水产研究所“南海渔船动态监控平台”数据库, 该平台依靠北斗卫星通讯, 数据接收频率为 3 min 一次, 空间分辨率约为 10 m<sup>[20]</sup>, 船位数据包括渔船编码、船位、航速、航向和定位时间等信息。本研究从数据库中抽取了一对广东籍双拖渔船粤渔

收稿日期: 2020-08-25; 修回日期: 2021-01-06

基金项目: 农业农村部财政专项项目(NFZX2018); 中国水产科学研究院院级基本科研业务费专项(2019CY0403); 广东省重点领域研发计划项目(2020B1111030001); 农业农村部财政项目(640)

[Foundation: Agriculture Department Special Financial Project, No. NFZX2018; Central Public-interest Scientific Institution Basal Research Fund, CAFS, No. 2019CY0403; Guangdong Provincial Key Research and Development Plan Project, No. 2020B1111030001; Agriculture Department Special Financial Project, No. 640]

作者简介: 于杰(1980—), 女, 辽宁东港人, 副研究员, 博士, 主要从事海洋渔业遥感研究, 电话: 020-89108334, E-mail: yujiescs@aliyun.com; 唐振朝, 通信作者, 副研究员, 主要从事海洋渔业环境动力学研究, E-mail: tangzhenzhao@scsfri.ac.cn

10000/10011 的船位数据,并截取 2017 年 8 月 16 日—9 月 16 日的的数据片段为研究对象。

## 1.2 作业状态判别

渔船在整个航程中有抛锚、开船、停船、放网、起网、拖网、转向、巡航等多个状态,其中,拖网为作业状态,除拖网以外的其他状态为非作业状态。航速和航向是描述和表征渔船作业状态的两个主要因素。通过了解渔船的生产习惯,获得了一些先验知识,包括:(1) 渔船处于巡航状态时,航速大于其他状态;(2) 渔船在夜间和白天均进行拖网作业,夜间拖网航速低于白天拖网航速;(3) 渔船作业渔场较为固定,不进行远距离探捕。本研究采用航速阈值法进行渔船作业状态判别,首先,通过分析航速直方图特征,并辅助先验知识,寻找区分作业状态与非作业状态的航速阈值,其次,利用阈值分割方法实现渔船作业状态和非作业状态的提取。

## 1.3 航次提取

通常来说,渔船的一个航次包括出航阶段、作业阶段和回航阶段三个部分。在南海,安装北斗 VMS 通讯设备的渔船以大、中型渔船为主,作业渔场基本在 20 m 等深线以深海域。本研究通过统计渔船航迹与 20 m 等深线的相交关系,确定渔船的航次。渔船航迹利用 Arcgis 软件的点转线功能实现,用 Arcgis 软件的相交分析提取渔船航迹与 20 m 等深线的交叉点,交叉点的数量除以 2 为航次数。

南海海岸线呈东西延展分布,渔船在出航阶段和回航阶段分别经历船位点纬度值从大到小和从小到大的变化,因此,在船位点纬度随时间变化图上,两个相邻的纬度峰值对应着出航阶段的起点和回航阶段的终点,两个峰值的中间部分为一个航次。

## 1.4 网次提取

渔船的一个航次包括多个网次,每个网次由下网、放网、拖网和起网四个过程组成。渔船以较高航速航行至作业渔场后,航速下降并开始下网,放网过程中航速慢慢增加,完成放网后航速下降至拖网航速,拖网作业完成后开始起网,起网航速小于拖网航速。可见,在网次进行过程中,航速的变化是反映拖网过程的重要指标。

本文网次提取的步骤是:(1) 在一个航次中,出航阶段和回航阶段渔船处于巡航状态,此时航速最大,根据 1.2 节得到的速度阈值结果,判断处于巡航

状态的船位点,网次提取时忽略处于巡航状态的船位点;(2) 在船位点航速随时间变化图上,下网开始时船位点的航速为谷点,结束时船位点的航速为峰点,因此,相邻的谷点和峰点中间的部分为下网过程;(3) 在船位点航速随时间变化图上,起网开始时船位点的航速为拖网航速,结束时船位点的航速为谷点,因此,谷点与前面拖网航速点之间的部分为起网过程;(4) 在船位点航速随时间变化图上,放网结束时船位点的航速对应的峰点与起网开始前的拖网航速点间的部分为拖网过程。

## 1.5 捕捞强度

本文用作业时长表示捕捞强度。将每个  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  经纬度网格按  $0.01^{\circ}$  为间隔分割成  $100 \times 100$  个小网格,每个小网格的捕捞强度计算公式为:

$$TP = \sum_{i=1}^n P(i), \quad (1)$$

式中,TP 为小网格总捕捞强度, $i$  为船位点, $n$  为小网格船位点数量, $P(i)$  为小网格中某个船位点的作业时长。

## 2 结果与分析

### 2.1 渔船作业参数提取与分析

#### 2.1.1 作业状态

粤渔 10000/10011 在 2017 年 8 月 16 日至 9 月 16 日期间有 15 217 个船位点,航速直方图如图 1 所示。从图 1 可以看到航速直方图有 4 个峰值,以三个谷点为分割点,得出 4 个航速区间,分别为  $<1.0$  m/s、 $1.0 \sim 1.8$  m/s、 $1.8 \sim 2.9$  m/s 和  $>2.9$  m/s,根据图 2 中统计的 24 h 不同时刻的平均航速值,航速区间  $1.0 \sim 1.8$  m/s 对应的船位点时间为 19:00—5:00(夜间),航速区间  $1.8 \sim 2.9$  m/s 对应的船位点时间为 6:00—18:00(白天)。4 个航速区间分别对应抛锚和慢速,夜间拖网航速、白天拖网航速和巡航状态。

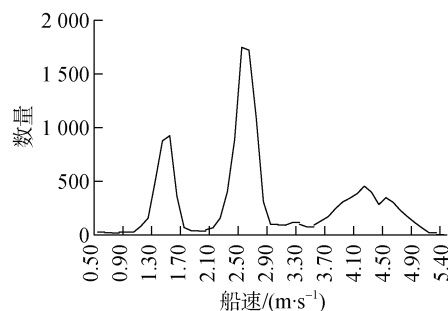


图 1 航速直方图

Fig.1 Histogram of vessel velocity

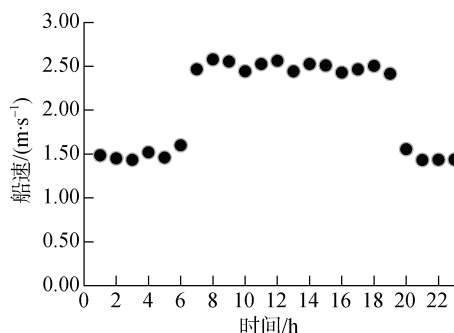


图2 不同时刻的平均航速值

Fig. 2 Average vessel velocity at different time

### 2.1.2 航次提取

北斗 VMS 数据记录了渔船位置随时间的变化情况, 将船位点按时间顺序连接, 可以得到渔船航迹。图3和图4为粤渔10000/10011在2017年8月16日—9月16日期间的航迹, 图3中线的不同颜色表示航速大小不同。图3显示粤渔10000/10011的船位点主要分布在  $113^{\circ}18'E \sim 113^{\circ}55'E$ ,  $21^{\circ}18'N \sim 21^{\circ}40'N$ , 作业渔场面积约为  $1\,600\text{ km}^2$ 。巡航状态的船位点主要分布在香洲渔港、湾仔渔港和万山渔港三个港口与作业渔场之间的航迹上。

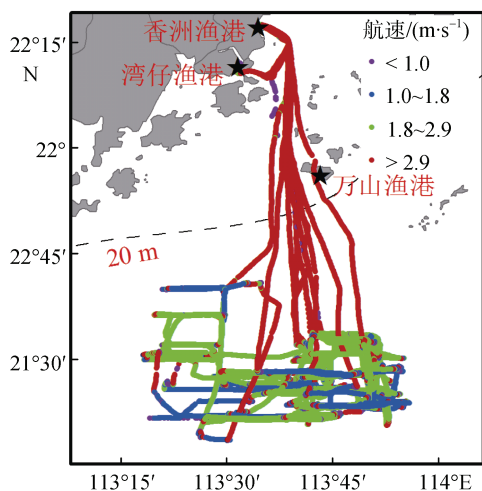


图3 渔船航速空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of vessel velocity

从图4中粤渔10000/10011航迹与20 m等深线的相交分析结果看, 2017年8月16日—9月16日期间, 二者相交有11次。将渔船离开渔港到返回渔港的过程定义为一个航次, 一个航次渔船通过20 m等深线两次, 因此2017年8月16日—9月16日期间有5个航次, 相交次数为单数表明渔船在9月16日之前离开渔港开展第6个航次, 还未返港。

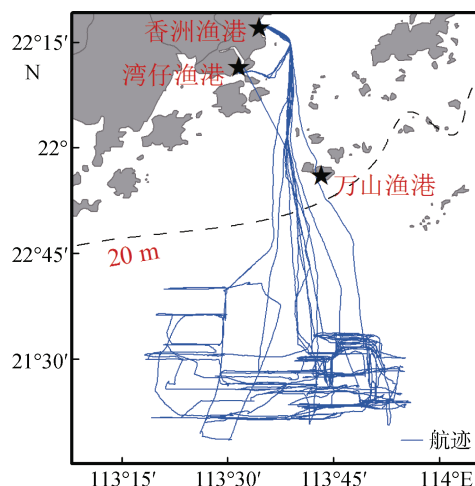


图4 渔船航迹

Fig. 4 Tracks of the vessel

船位点纬度随时间变化的结果如表1所示, 2017年8月16日—9月16日期间渔船进行了5个航次的出海作业, 每个航次的作业天数不等, 第一个航次从8月16日12:00—8月20日00:35, 第二个航次从8月20日23:09—8月22日14:26, 第三个航次从8月28日22:03—9月1日18:21, 第四航次从9月4日6:38—9月10日12:34, 第五航次从9月11日12:43—9月13日12:49。5个航次的出海天数分别约为4 d、2 d、4 d、6 d和2 d, 其中第二个航次和第五个航次出海时间较短, 是因为受台风影响, 提前回港。

表1 2017年8月16日—9月16日渔船船位点纬度随时间的变化

Tab. 1 Time variations in the latitude of vessel position from August 16 to September 16, 2017

| 航次   | 时间                    | 出海时间/d |
|------|-----------------------|--------|
| 第1航次 | 8月16日12:00—8月20日00:35 | 4      |
| 第2航次 | 8月20日23:09—8月22日14:26 | 2      |
| 第3航次 | 8月28日22:03—9月1日18:21  | 4      |
| 第4航次 | 9月4日6:38—9月10日12:34   | 6      |
| 第5航次 | 9月11日12:43—9月13日12:49 | 2      |

### 2.1.3 网次提取

根据8月16日12:00—8月20日00:35第一个航次船位点航速随时间变化情况来, 将第一航次划分为9段, 分别用A、C、D、E、F、G、H、I表示(表2), A段和I段船位点航速  $> 2.9\text{ m/s}$ , 分别为出航阶段和回航阶段; B段、D段、F段和H段航速位

于 1.8~2.9 m/s 范围, 为白天作业阶段; C 段、E 段和 G 段航速位于 1.0~1.8 m/s 范围, 为夜间作业阶段。

A 段的时间为 8 月 16 日 12: 00—17: 11, B 段的时间为 8 月 16 日 17: 21—18: 59, C 段的时间从 8 月 16 日 19: 02—8 月 17 日 5: 37, D 段的时间从 8 月 17 日 6: 25—19: 22, E 段的时间从 8 月 17 日 20: 03—8 月 18 日 5: 19, F 段的时间从 8 月 18 日 6: 17—19: 28, G 段的时间从 8 月 18 日 19: 58—8 月 19 日 5: 31, H 段的时间从 8 月 19 日 7: 35—18: 44, I 段从 8 月 19 日 18: 56—8 月 20 日 00: 35。

表 2 第一航次渔船航速随时间的变化

Tab. 2 Time variations in vessel velocity during the first voyage

| 航次 | 时间                              | 航速/(m·s <sup>-1</sup> ) |
|----|---------------------------------|-------------------------|
| A  | 8 月 16 日 12: 00—17: 11          | >2.9                    |
| B  | 8 月 16 日 17: 21—18: 59          | 1.8~2.9                 |
| C  | 8 月 16 日 19: 02—8 月 17 日 5: 37  | 1.0~1.8                 |
| D  | 8 月 17 日 6: 25—19: 22           | 1.8~2.9                 |
| E  | 8 月 17 日 20: 03—8 月 18 日 5: 19  | 1.0~1.8                 |
| F  | 8 月 18 日 6: 17—19: 28           | 1.8~2.9                 |
| G  | 8 月 18 日 19: 58—8 月 19 日 5: 31  | 1.0~1.8                 |
| H  | 8 月 19 日 7: 35—18: 44           | 1.8~2.9                 |
| I  | 8 月 19 日 18: 56—8 月 20 日 00: 35 | >2.9                    |

本文以夜间作业阶段 C 段和白天作业阶段 D 段的船位数据为例, 按 1.4 节的步骤提取网次。根据 C 段和 D 段航速、航向、相邻船位点时间差随时间的变化, 可以得出 C 段有 2 个网次, D 段有 4 个网次, 按以上分析得出粤渔 10000/10011 第一个航次共进行了 19 个网次的拖网作业, 其中白天 13 个网次, 夜间 6 个网次(表 3)。

## 2.2 渔船作业特征分析

### 2.2.1 拖网作业过程分析

渔船第一航次总共拖网总时长 65 h 59 min, 其中夜间拖网总时长 28 h 24 min, 白天拖网总时长 37 h 35 min。B 至 H 段拖网总距离 498.74 km, 其中夜间拖网总距离 161.53 km, 白天拖网总距离 337.21 km。以 C 段前两个网次和 D 段前两个网次为例, 分析了渔船的拖网作业过程(图 5)。

图 5(a)为 C 段第一网次的拖网轨迹。8 月 16 日 19: 02, 渔船首向东转向, 转向至航向为 72° 时开始下网, 下网速度 1.2~4.7 m/s, 19: 49 时从(113°43'13.80"E,

21°23'06.72"N)点开始在纬度 21°23'15.00"N 附近向东拖网, 拖网航速为 1.0~1.8 m/s, 拖网至(113°48'15.84"N, 21°23'18.96"E)时向东北方向转向, 至(113°49'04.80"E, 21°23'40.92"N)开始沿 21°23'45.60"N 左右向东拖网, 00: 02 渔船到达(113°56'00.96"E, 21°23'45.96"N)点后左后方转向, 于 00: 28 在(113°55'43.68"E, 21°23'54.96"N)附近起网。该网次拖网作业时长为 4 h 44 min, 拖网总距离 25.77 km。

表 3 第一航次 19 个拖网网次信息表

Tab. 3 Detailed information of 19 nets in the first voyage

| 作业阶段 | 网次 | 时长/h | 长度/km | 备注 |
|------|----|------|-------|----|
| B    | 1  | 1.67 | 15.73 | 白天 |
| C    | 1  | 4.73 | 25.77 | 夜间 |
|      | 2  | 5.15 | 28.57 |    |
| D    | 1  | 3.22 | 28.42 | 白天 |
|      | 2  | 2.70 | 26.37 |    |
|      | 3  | 3.60 | 30.42 |    |
|      | 4  | 2.72 | 25.40 |    |
| E    | 1  | 4.33 | 24.91 | 夜间 |
|      | 2  | 4.70 | 25.13 |    |
| F    | 1  | 3.28 | 30.76 | 白天 |
|      | 2  | 3.53 | 29.37 |    |
|      | 3  | 2.50 | 21.82 |    |
|      | 4  | 3.50 | 28.97 |    |
| G    | 1  | 4.43 | 23.92 | 夜间 |
|      | 2  | 5.05 | 33.23 |    |
| H    | 1  | 1.78 | 14.54 | 白天 |
|      | 2  | 3.45 | 29.06 |    |
|      | 3  | 2.63 | 25.13 |    |
|      | 4  | 3.00 | 31.24 |    |

图 5(b)为 C 段第二网次的拖网轨迹。8 月 17 日 00: 37 渔船在(113°55'39.00"E, 21°23'60.00"N)附近开始下夜间的第二网, 下网时航速为 1.7~4.4 m/s, 00: 43 渔船从(113°55'06.96"E, 21°23'58.92"N)位置开始向西拖网, 拖网航速为 1.0~1.8 m/s, 拖网航迹位于第一网次以北 400 m 左右, 拖网 10 km 左右后, 渔船向西南方向转向, 而后向东北以顺时针方向调头向东拖网, 掉头后的航迹与第一网次航迹仅相距几十米, 04: 22 拖网至(113°53'04.92"E, 21°23'42.72"N)时向北转向, 于 05: 25 拖网至(113°54'02.88"E, 21°26'42.72"N)附近起网。该网次拖网作业时长为 5 h 9 min, 拖网总距离 28.57 km。

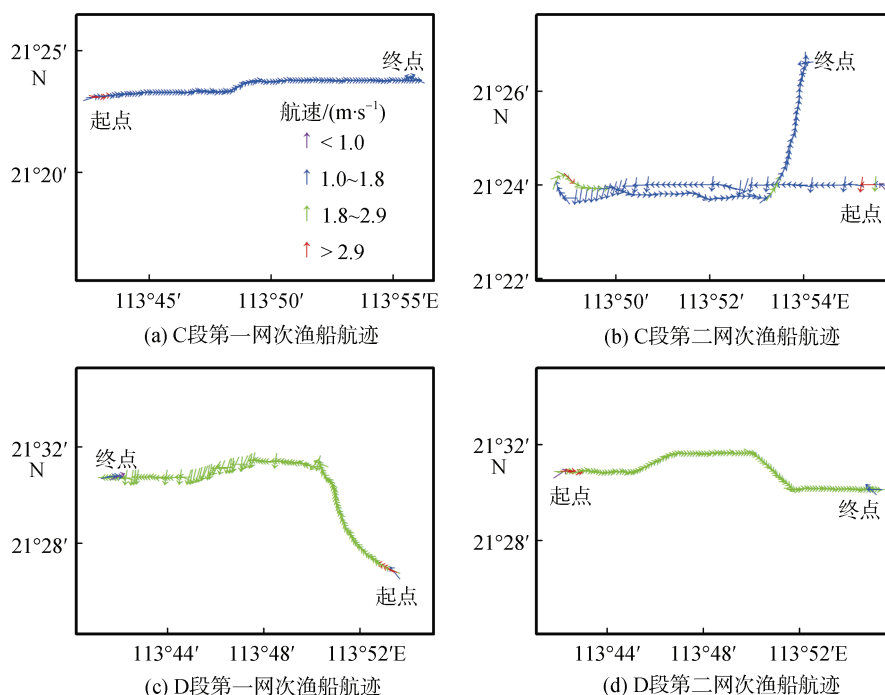


图 5 第一航次中 C 段和 D 段前两个网次的渔船航迹

Fig. 5 Vessel tracks of the first two nets during sections C and D in the first voyage.

图 5(c)为 D 段第一网次的拖网轨迹。8 月 17 日 05:25 结束上一个拖网作业后, 渔船掉头并以顺时针方向航行至(113°53'26.88"E, 21°26'44.88"N)开始下网, 下网时间为 06: 25, 下网航速为 1.2~4.6 m/s, 06: 33 从(113°52'52.68"E, 21°27'05.76"N)位置开始向西北方向拖网, 拖网航速为 1.8~2.9 m/s, 07: 30 左右拖网至(113°50'21.84"E, 21°31'15.96"N)位置, 此后向西拖网, 航迹纬度在 21°31'01.56"N 左右, 比 8 月 16 日夜間两个网次向北移了十几公里, 09: 23 在(113°41'25.80"E, 21°30'42.84"N)向右后方转向, 15 min 后于 09: 38 在(113°41'53.88"E, 21°30'45.00"N)起网。该网次拖网作业时长为 3 h 13 min, 拖网总距离 28.42 km。

图 5(d)为 D 段第二网次的拖网轨迹。8 月 17 日 09: 49 粤渔 10000/10011 开始下白天第二个网次, 下网速度为 0.9~4.9 m/s, 09: 58 在(113°42'47.88"E, 21°30'50.76"N)开始拖网, 网航速为 1.8~2.9 m/s, 航迹在 21°30'51.12"N 附近, 10: 22 在(113°45'02.88"E, 21°30'50.76"N)向东北转向, 拖网 3.5 km 后, 于 10: 44 航行至(113°46'55.92"E, 21°31'36.84"N)转向东拖网, 航迹在 21°31'37.56"N 附近, 11: 17 在(113°49'59.88"E, 21°31'37.92"N)向东南转向, 拖网 4 km 后, 于 11: 43 航行在(113°51'41.76"E, 21°30'07.92"N)向东拖网, 12: 32 在(113°54'59.76"E,

21°30'06.84"N)附近起网。该网次拖网作业时长为 2 h 42 min, 拖网总距离 26.37 km。

## 2.2.2 捕捞强度分析

图 6 为 2017 年 8 月 16 日至 9 月 16 日的捕捞强度空间分布情况。从图 6 可以看到, 粤渔 10000/10011 的捕捞强度空间分布不均匀, 高强度区分布在 A、B、C 和 D 四个区域, A 区域面积约 50 km<sup>2</sup>, 范围为 113°44'E~113°51'E, 21°31'N~21°33'N, B 区域沿纬线呈南北线状分布, 长度约为 8 km, C 区域和 D 区域沿经线呈东西线状分布, 长度分别约为 4 km 和 12 km。从船位点密集度来看, 约 30%的作业集中在占总作业区域的 10%, 约 50%的作业集中在占总作业区域的 23%, 70%的作业集中在占总作业区域的 43%。

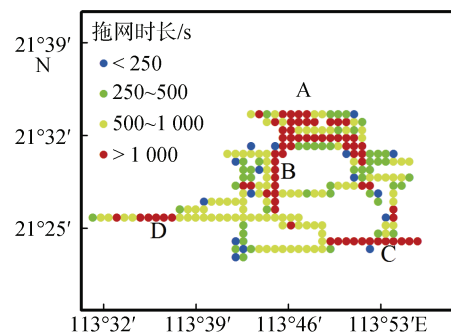


图 6 捕捞强度空间分布

Fig. 6 Spatial distribution of fishing effort

图 7 是粤渔 10000/10011 白天和夜间渔船轨迹的空间分布。从图 7 中可以看出, 白天拖网作业渔场较夜间拖网作业渔场向北偏移, 且作业渔场分布范围也比夜间作业渔场更为集中(图 6)。从表 1 中 19 个网次的统计结果来看, 白天每网的平均拖网时长为 2 h 53 min, 夜间每网的平均拖网时长为 4 h 44 min, 白天和夜间每网的拖网距离相差不大, 6 个夜间网次平均拖网距离为 26.92 km, 13 个白天网次平均拖网距离为 25.94 km。

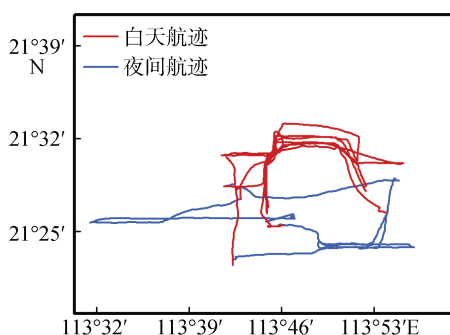


图 7 白天和夜间渔船航迹  
Fig. 7 Vessel tracks in day and night

### 3 讨论

鉴于不同类型渔船在作业特征上的差异, 学者们尝试开展了不同类型渔船北斗 VMS 数据的挖掘分析, 涉及的作业类型有拖网、张网、灯光罩网和流刺网等<sup>[10, 19, 21-22]</sup>。航速阈值法是拖网渔船作业状态识别的主要方法<sup>[23-25]</sup>。相关研究表明, 拖网渔船航速直方图通常呈双峰特征<sup>[26]</sup>, 本研究中粤渔 10000/10011 航速直方图呈现三个峰值, 这是因为粤渔 10000/10011 在夜间和白天均进行拖网作业, 而夜间和白天拖网作业时的航速不同, 因此出现了两个拖网航速区间, 从平均拖网航速来看, 白天拖网航速是夜间拖网航速的 1.68 倍。白天和夜间渔船处于拖网状态的航速范围分别是 1.8~2.9 m/s 和 1.0~1.8 m/s, 与其它研究用到的航速范围 0.9~2.0 m/s<sup>[10]</sup>、0.77~2.83 m/s<sup>[27]</sup>和 0.77~2.32 m/s<sup>[28]</sup>相比, 航速阈值差别较大, 这是由于渔船拖网航速与渔船的大小、功率和作业习惯有关<sup>[14]</sup>, 不同渔船的拖网状态航速区间不可能完全一致。

本文采用 20 m 等深线进行航次提取, 这是因为南海拖网渔船作业海域基本位于 20 m 等深线以深海域, 南海渔船前往 20 m 等深线以深海域生产的原因

主要有两点, 一是因为沿岸渔业资源衰退, 南海渔船趋向前往更深的海域生产, 二是因为 20 m 等深线以浅海域受人类活动影响频繁, 不适于生产作业。因此, 可以通过渔船航迹穿越 20 m 等深线的次数判断航次数。与张胜茂等<sup>[3, 16]</sup>利用渔船与渔港所在陆地缓冲面距离实现航次提取相比, 本文采取的方法可以在不需要知道渔港信息的前提下获得渔船航次信息。

张胜茂等<sup>[15-16]</sup>根据船速提取网次, 发现拖网渔船作业时放网、拖网和起网过程中有明显的航速变化。本研究发现渔船每个网次船速有类似的规律性, 渔船航速随时间变化图显示了渔船在停船下网、慢速放网、提速拖网、停船起网的过程, 可以实现对每个网次的提取。从图 5 中 C 段和 D 段的前共 4 个网次的拖网轨迹图来看, 拖网作业时渔船并不是沿直线航行, 这 4 个网次的拖网轨迹线形状各不相同, 特别是从 C 段第二网次的拖网轨迹上可以看到粤渔 10000/10011 在拖网过程中发生了 180°的转向, 说明转向角在判断网次时可能会存在较大误差, 因此不建议将转向角纳入网次提取需要考虑的参数。

粤渔 10000/10011 每完成一个网次, 就会调转航向, 向后方转向并开始下一个网次的作业。该渔船夜间拖网速度小于白天, 但拖网时长大于白天, 从对粤渔 10000/10011 第一个航次的 19 个网次进行的拖网距离统计结果来看, 夜间和白天平均每网拖网距离仅相差 1 m 左右。

捕捞压力指数描述捕捞强度的方法有单参数法和多参数法<sup>[29]</sup>, 单参数法如用渔船数量、作业时长来表示捕捞强度, 多参数法如利用作业时长与航速、渔船功率组合, 捕捞死亡率等表示捕捞强度。本文采用作业时长描述捕捞强度。从捕捞强度的空间分布来看, 捕捞强度的空间分布不均匀, 整体上粤渔 10000/10011 拖网轨迹局限于 113°44'E~113°51'E, 21°31'N~21°33'N 范围内, 说明渔船的作业渔场很集中。近岸海域拖网作业渔场的范围小于离岸海域拖网作业渔场的范围。Jennings 等<sup>[24]</sup>的研究结果表明 70% 的渔业活动集中在有渔业活动记录 40% 的区域内, 本文中拖网时长大于 1 000 s 的船位点占总船位点的 25.86%, 约 70% 的作业集中在总作业区域的 43% 区域内。

传统的渔业资源调查是采用布点式调查<sup>[30]</sup>, 数据的时间分辨率为天, 而 VMS 数据提高了渔业数据的时间分辨率, 可以实时观测一天之内作业渔场的

空间变化分析。从粤渔 10000/10011 在夜间和白天渔船拖网轨迹空间分布来看,白天作业渔场更靠近近岸,夜间作业渔场离海岸线相对较远,表明渔船夜间在水深更深海域作业,白天航行至水深更浅的海域作业。

## 4 结论

北斗 VMS 数据提供的航速信息反应了渔船在不同状态下的航速特征。本研究中粤渔 10000/10011 航速值有 4 个区间,夜间和白天均进行拖网作业,夜间拖网航速小,拖网时间长,白天拖网航速大,拖网时间短,夜间和白天拖网的距离相当。

粤渔 10000/10011 拖网作业过程为: (1) 先是以小于 1.0 m/s 的较低航速将渔网放入水中; (2) 提速至 2.9 m/s 以上放网; (3) 降低航速,进行拖网作业,夜间拖网航速在 1.0~1.8 m/s,白天拖网航速在 1.8~2.9 m/s; (4) 在经历夜间拖网 4 h 44 min,白天拖网 2 h 53 min 后,停船起网。

粤渔 10000/10011 作业渔场集中在 113°44'E~113°51'E, 21°31'N~21°33'N 区域内,捕捞强度高值区靠近海岸,夜间主要在离海岸较远的相对深水区作业,白天转移到离海岸较近水深相对浅的近岸海域作业。

近年来,我国渔业科研工作者在北斗 VMS 数据信息挖掘方面已取得了一些成果,为渔业管理工作者了解渔业动态、管理渔业活动、制定管理政策等方面提供了参考。随着北斗 VMS 系统的普及,北斗 VMS 的数据量和覆盖面越来越大,基于海量北斗 VMS 数据的自动化信息提取和业务化运行无疑是今后一段时间内的研究重点。

### 参考文献:

[1] 曹世娟,黄硕琳,郭文路.我国渔业管理运用渔业监控系统的探讨[J].上海水产大学学报,2002,11(1): 89-93.  
CAO Shijuan, HUANG Shuolin, GUO Wenlu. Discussion on adopting the vessel monitoring system in Chinese fishery management[J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2002, 11(1): 89-93.

[2] 郑巧玲.基于北斗卫星渔船监测系统的浙江省近海渔船捕捞方式和作业渔场分析[D].上海:上海海洋大学,2016.  
ZHENG Qiaoling. Analysis of fishing methods and fishing ground of Zhejiang Province fishing boats based on the Beidou satellite vessel monitoring sys-

tem[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University. 2016.

[3] 张胜茂,樊伟,张衡,等.基于北斗船位数据的海南省渔船航次动态监测与分析[J].南方水产科学,2018,14(5): 1-10.  
ZHANG Shengmao, FAN Wei, ZHANG Heng, et al. Dynamic monitoring and analysis of number of fishing vessel voyages in Hainan Province based on Beidou position data[J]. South China Fisheries Science, 2018, 14(5): 1-10.

[4] 张胜茂,裴凯洋,吴祖立,等.基于VMS的我国捕捞渔船出海时间与航程量化分析[J].上海海洋大学学报,2021,30(2): 311-319.  
ZHANG Shengmao, PEI Kaiyang, WU Zuli, et al. Quantitative analysis of cruise duration and range of Chinese fishing vessels based on Beidou VMS[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2021, 30(2): 311-319.

[5] DENG R, DICHMONT C, MINLTON D, et al. Can vessel monitoring system data also be used to study trawling intensity and population depletion? The example of Australia's northern prawn fishery[J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2005, 62(3): 611-622.

[6] PALMER M C, WIGLEY S E. Using positional data from vessel monitoring systems to validate the logbook-reported area fished and the stock allocation of commercial fisheries landings[J]. North American Journal of Fisheries Management, 2009, 29(4): 928-942.

[7] MULLOWNEY D R, DAWE E G. Development of performance indices for the Newfoundland and Labrador snow crab (*Chionoecetes opilio*) fishery using data from a vessel monitoring system[J]. Fisheries Research, 2009, 100(3): 248-254.

[8] WALKER E, BEZ N. A pioneer validation of a state-space model of vessel trajectories (VMS) with observers data[J]. Ecological Modelling, 2010, 221(17): 2008-2017.

[9] BASTARDIE F, NIELSEN J R, ULRICH C, et al. Detailed mapping of fishing effort and landings by coupling fishing logbooks with satellite-recorded vessel geo-location[J]. Fisheries Research, 2010, 106(1): 41-53.

[10] 张胜茂,杨胜龙,戴阳,等.北斗船位数据提取拖网捕捞努力量算法研究[J].水产学报,2014,38(8): 1190-1199.  
ZHANG Shengmao, YANG Shenglong, DAI Yang, et al. Algorithm of fishing effort extraction in trawling based on beidou vessel monitoring system data[J]. Journal of Fisheries of China, 2014, 38(8): 1190-1199.

[11] 张胜茂,唐峰华,张衡,等.基于北斗船位数据的拖网捕捞追溯方法研究[J].南方水产科学,2014,10(3): 15-23.  
ZHANG Shengmao, TANG Fenghua, ZHANG Heng, et

- al. Research on trawling tracing based on beidou vessel monitoring system data[J]. South China Fisheries Science, 2014, 10(3): 15-23.
- [12] 张胜茂, 王晓璇, 周为峰. 基于渔船监测系统的近海捕捞水产品溯源[J]. 电脑开发与应用, 2014, 256(16): 16-19.  
ZHANG Shengmao, WANG Xiaoxuan, ZHOU Weifeng. Offshore fishing aquatic products traceability based on vessel monitoring system[J]. Computer Development and Applications, 2014, 256(16): 16-19.
- [13] 张胜茂, 程田飞, 化成君, 等. 基于北斗卫星数据提取耙刺渔船作业状态方法研究[J]. 渔业信息与战略, 2015, 30(4): 293-300.  
ZHANG Shengmao, CHENG Tianfei, HUA Chengjun, et al. Extraction method of rake thorn status based on data from Beidou vessel monitoring system. Fishery Information and Strategy, 2015, 30(4): 293-300.
- [14] 张胜茂, 崔雪森, 伍玉梅, 等. 基于北斗卫星船位数据分析象山拖网捕捞时空特征[J]. 农业工程学, 2015, 31(7): 151-156.  
ZHANG Shengmao, CUI Xuesen, WU Yumei, et al. Analyzing space-time characteristics of Xiangshan trawling based on Beidou Vessel Monitoring System Data. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2015, 31(7): 151-156.
- [15] 张胜茂, 唐峰华, 靳少非, 等. 基于北斗卫星数据的拖网渔船状态与网次提取[J]. 渔业信息与战略, 2015, 30(3): 205-211.  
ZHANG Shengmao, TANG Fenghua, JIN Shaofei, et al. Trawler state and net times extraction based on data from Beidou vessel monitoring system[J]. Fishery Information and Strategy, 2015, 30(3): 205-211.
- [16] 张胜茂, 程田飞, 王晓璇, 等. 基于北斗卫星船位数据提取拖网航次方法研究[J]. 上海海洋大学学报, 2016, 25(1): 135-141.  
ZHANG Shengmao, CHENG Tianfei, WANG Xiaoxuan, et al. Research on the method of voyage extraction based on beidou vessel monitoring system data[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2016, 25(1): 135-141.
- [17] 张胜茂, 张衡, 唐峰华, 等. 基于船位监控系统的拖网捕捞努力量提取方法研究[J]. 海洋科学, 2016, 40(3): 146-153.  
ZHANG Shengmao, ZHANG Heng, TANG Fenghua, et al. Method of extracting trawling effort based on vessel monitoring System[J]. Marine Sciences, 2016, 40(3): 146-153.
- [18] 张胜茂, 郑巧玲, 朱文斌. 基于北斗船位数据的渔具分析方法浅析[J]. 电脑知识与技术, 2018, 14(20): 248-251.  
ZHANG Shengmao, ZHENG Qiaoling, ZHU Wenbin. Analyzing method of fishing gear based on Beidou Vessel monitoring system data[J]. Computer Knowledge and Technology, 2018, 14(20): 248-251.
- [19] 张荣瀚, 张胜茂, 陈雪忠, 等. 基于北斗船位数据的流刺网网次和方向提取方法研究[J]. 海洋渔业, 2019, 41(2): 169-178.  
ZHANG Ronghan, ZHANG Shengmao, CHEN Xuezhong, et al. Research on extract floating gill net hauls and direction based on Beidou data[J]. Marine Fisheries, 2019, 41(2): 169-178.
- [20] 冯菲, 周艳波, 陈森, 等. 拖网渔船电子捕捞日志的作业信息与北斗船位数据获取的作业信息的可信度比较研究[J]. 南方水产科学, 2019, 15(6): 65-74.  
FENG Fei, ZHOU Yanbo, CHEN Sen, et al. Comparative study on credibility of fishing information of electronic fishing logs of trawlers and fishing information acquired by beidou position data[J]. South China Fisheries Science, 2019, 15(6): 65-74.
- [21] 谢恩阁, 吴洽儿, 周艳波, 等. 基于北斗船位数据灯光罩网渔船作业状态特征的提取和验证[J]. 上海海洋大学学报, 2020, 29(3): 392-400.  
XIE Enge, WU Qiaer, ZHOU Yanbo, et al. Extraction and verification of operational state characteristics of light shield net vessels based on beidou vessel position data[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2020, 29(3): 392-400.
- [22] 裴凯洋, 张胜茂, 樊伟, 等. 浙江省帆张网捕捞强度分布的提取方法[J]. 水产学报, 2020, 44(11): 1913-1925.  
PEI Kaiyang, ZHANG Shengmao, FAN Wei, et al. Research on extraction method of stow net fishing intensity distribution in Zhejiang Province[J]. Journal of Fisheries of China, 2020, 44(11): 1913-1925.
- [23] 郭刚刚, 樊伟, 张胜茂, 等. 船位监控系统数据挖掘与应用研究进展[J]. 海洋渔业, 2016, 38(2): 217-224.  
GUO Ganggang, FAN Wei, ZHANG Shengmao, et al. Advance in mining and application of vessel monitoring system data[J]. Marine Fisheries, 2016, 38(2): 217-224.
- [24] JENNING S, LEE J. Defining fishing grounds with vessel monitoring system data[J]. ICES Journal of Marine Science, 2012, 69(1): 51-63.
- [25] STELZENMULLER V, RPKERS S I, MILLS C M. Spatio-temporal patterns of fishing pressure on UK marine landscapes and their implications for spatial planning and management[J]. ICES Journal of Marine Science, 2008, 65(6): 1081-1091.
- [26] BASTRADIE F, NIELSEN J R, ULRICH C, et al. Detailed mapping of fishing effort and landing by coupling fishing logbooks with satellite-recorded vessel geo-location[J]. Fisheries Research, 2010, 106: 41-53.
- [27] WITT M J, GODLEY B J. A Step towards seascape

- scale conservation: using vessel monitoring systems (VMS) to map fishing activity[J]. Plos One, 2007, 10: 1-5.
- [28] HALL-SPENCER J M, TASKER M, SOFFKER M, et al. Design of marine protected areas on high seas and territorial waters of Rockall Bank[J]. Marine Ecology Progress Series, 2009, 397: 305-308.
- [29] PIET G J, QUIRIJNS F J, ROBINSON L, et al. Potential pressure indicators for fishing and their data requirements[J]. ICES Journal of Marine Science, 2006, 64(1): 110-121.
- [30] 蔡研聪, 徐姗楠, 陈作志, 等. 南海北部近海渔业资源群落结构及其多样性现状[J]. 南方水产科学, 2018, 14(2): 10-18.
- CAI Yancong, XU Shannan, CHEN Zuozhi, et al. Current status of community structure and diversity of fishery resources in offshore northern South China Sea[J]. South China Fisheries Science, 2018, 14(2): 10-18.

## Fishing characteristics of double trawler using vessel monitoring system data

YU Jie<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>, ZHOU Yan-bo<sup>1</sup>, TANG Zhen-zhao<sup>1, 2, 3, 4</sup>, CHEN Guo-bao<sup>1, 2, 3, 4</sup>, ZENG Lei<sup>1, 2, 3</sup>

(1. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China; 2. Key Laboratory of Marine Ranch Technology, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China; 3. Scientific Observing and Experimental Station of South China Sea Fishery Resources and Environment, Ministry of Agriculture, Guangzhou 510300, China; 4. Guangdong Provincial Key Laboratory of Fishery Ecology and Environment, Guangzhou 510300, China; 5. Southern Marine Science and Engineering Guangdong Laboratory (Guangzhou), Guangzhou 511458, China)

**Received:** Aug. 25, 2020

**Key words:** South China Sea; dual-trawl boat; vessel monitoring system

**Abstract:** The vessel monitoring system (VMS) has been widely used in analyzing fishery boat characteristics. In this report, we used VMS data of the double trawler Yueyu 10000/10011 from August 16, 2017, to September 16, 2017, to analyze the status of fishing, voyage, and net extraction and the spatial distribution of fishing effort. The results showed four categories of the velocity: <1.0m/s, 1.0~1.8 m/s, 1.8~2.9 m/s, and >2.9 m/s, corresponding to stop/low velocity, night trawl velocity, day trawl velocity, and cruise velocity, respectively. Five voyages and nineteen nets were found between August 15, 2017, and September 17, 2017. Spatial distribution of fishing effort was found to be higher in nearshore waters and lower in offshore waters. Most fishing activities occurred at night in nearshore waters, whereas fishing activities in offshore waters occurred during the day.

(本文编辑: 康亦兼)