

文章编号: 2095-3666(2015)03-0205-07

DOI: 10.13233/j.cnki.fishis.2015.03.008

# 基于北斗卫星数据的拖网渔船状态与网次提取

张胜茂<sup>1</sup>, 唐峰华<sup>1</sup>, 靳少非<sup>3</sup>, 伍玉梅<sup>1</sup>, 徐林浩<sup>2</sup>, 戴阳<sup>1\*</sup>

(1. 农业部东海与远洋渔业资源开发利用重点实验室, 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090; 2. 北斗星通信息服务有限公司, 北京 100094; 3. 中国科学院大气物理研究所, 北京 100029)

**摘要:** 拖网网次是捕捞努力量计算的重要参数, 拖网渔船捕捞在放网、拖网、起网过程中速度变化非常明显, 北斗船位数按 3 min 间隔记录渔船的经纬度位置、航速、航向、时间等信息, 通过航速可以判断渔船状态。本文对浙嵛渔 10201、浙嵛渔 10243 双拖网调查船的航速进行统计, 划分拖网捕捞状态的航速阈值为 0.8 ~ 1.6 m/s, 借助北斗船用终端记录的航速, 判断渔船状态, 提取出全部处于拖网作业的网次, 并与现场记录的起放网时间和位置进行了比较验证。放网时人工记录与北斗记录时间差平均为 4.3 min, 起网时人工记录与北斗记录时间差平均为 7.2 min, 放网的 GPS 位置与北斗位置距离差值平均为 0.35 nmi, 起网的 GPS 位置与北斗位置距离差值平均为 0.24 nmi。

**关键词:** 北斗卫星导航; 航速; 拖网; 网次

**中图分类号:** S 975 **文献标识码:** A

## 1 引言

渔业可持续发展对于区域渔业生态系统健康发展以及区域经济可持续发展起着重要的作用。然而, 伴随着人类渔业活动的强度增加, 过度的人类活动已经对全球渔业可持续发展产生了威胁<sup>[1]</sup>。因此, 建立完善的渔业监控手段以及增加有效的管理措施有利于渔业可持续发展。

渔船监控系统 (vessel monitoring system, VMS) 最早为葡萄牙 1988 年监测渔业活动而初步形成, 而后经过一系列的发展, 欧盟于 1996 年对长度大于 24 m 渔船强制安装 VMS 系统<sup>[2]</sup>,

从此 VMS 进入了全球化飞速发展时期。VMS 系统主要由两大部分组成: 渔船终端和地基接受终端, 两部分主要由卫星进行衔接。VMS 主要有两个基本目的: 第一个目的为监控渔船的位置<sup>[3]</sup>; 第二个目的为提高捕捞记录精度和时空分辨率, 减少手工录入对于数据在时空上的影响<sup>[4]</sup>。除此之外, 张胜茂等<sup>[5-6]</sup>也分析了 VMS 在渔业安全、应急救援、环境监测、信息化服务等方面的应用。

在我国, 到 2014 年底为止, 近海机动捕捞渔船已安装北斗终端 57 000 余台, 可传回近似于实时的船位数据, 这些数据中主要包括渔船的时

收稿日期: 2015-07-02 修回日期: 2015-08-03

基金项目: 上海市科学技术委员会长三角科技联合攻关领域项目(15595811000), 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(东海水产研究所 2014T13)

作者简介: 张胜茂(1976-), 男, 博士, 副研究员, 主要研究方向: 渔业遥感、地理信息系统。

E-mail: ryshengmao@126.com

通讯作者: 戴阳(1969-), 男, 博士, 副研究员, 主要研究方向: 北斗与 GPS 导航。E-mail: daiyangbox@163.com

间、位置、航速、航向以及转向率等信息。目前,国际上已有研究利用 VMS 数据为渔业管理提供科学依据的例子。如在评估渔船渔业行为方面, Gonzalez-Mirelis 等<sup>[7]</sup>利用 VMS 数据为瑞典 Kosterhavet 国家公园评估渔业行为;在定义渔场的应用方面<sup>[8]</sup>;在大尺度范围内,评估渔船渔业行为可能造成的潜在影响的应用<sup>[9]</sup>,此外还有利用 VMS 对非法捕捞、非报告捕捞以及无节制捕鱼行为进行监测等<sup>[10]</sup>。在我国,目前该部分的研究仍然处于初始状态,研究 VMS 数据,挖掘内部数据信息,对于提高我国渔业管理具有重要的潜在意义。

拖网属于过滤性的运动渔具,依靠渔船的运动拖曳网具,在海底或海水中前进,迫使渔具将水域中的鱼虾蟹等捕捞对象进入网囊,达到捕捞的目的。拖网渔船为完成某一次捕捞,按照约定安排的航行计划捕捞,从出发港到返回港为一个航次,一个航次一般 10 天左右。航次是渔船生产活动的基本单元,即航次是研究渔船生产活动的投入与产出的基础。

航次是渔船从事捕捞作业的一个完整过程,航次作为一个生产过程,一般是指渔船离开港在海上的一段时间,包括了出航、海上作业、返航、进港等行为。渔船捕捞航次在时间上不是连续的,中间有进坞维修、出海准备、补给、卸鱼等。拖网渔船作业的每个网次经过放网、拖网、起网三个阶段,一般一天 3~6 网,拖速在 3~4 kn。在拖网过程中,渔船的速度有着不同的状态特征。而 VMS 数据中含有大量的船只速度数据,通过分析 VMS 船速数据不仅可以检测渔船的工作状态<sup>[9]</sup>,同时也可以对渔船捕捞的潜在行为进行分析<sup>[10]</sup>。尽管我国目前已有 VMS 数据在捕捞追溯<sup>[5]</sup>以及捕捞努力量算法方面的应用<sup>[6]</sup>,但是对于拖网网次提取的数据分析还未见报道,而船只速度同样可以辅助于 VMS 其他的服务功能,在渔业管理以及 VMS 应用中具有重要的价值。因此本研究通过出海记录渔船数据与北斗渔船船位数据对比,矫正分析北斗渔船船位数据,实现准确监测我国渔船作业状态的目的。

## 2 数据与方法

本研究中北斗渔船船位数据来源于北斗民用分理服务商,数据信息主要包括渔船的北斗卡

号、经纬度位置、航速、航向和发送时间等。该船位数据集时间分辨率约为 3 min,空间分辨率约为 10 m。现有的安装北斗终端船只作业区域主要集中于渤海、黄海、东海全部、广西湾、福建广东沿岸及环海南岛的海域(图 1)。

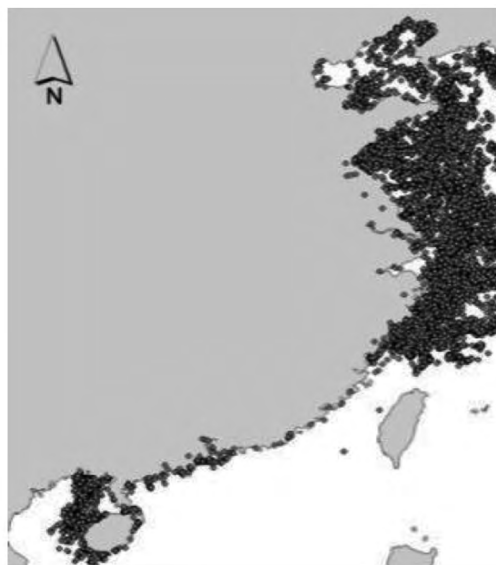


图 1 船位数据分布示意图

Fig. 1 Distribution of ship position data

本研究中,由浙嵊渔 10201(主船)和浙嵊渔 10243(辅船)组成双拖网作业试验船于 2013 年 8 月 15~20 日前往东海舟山海域调查,其中,主船长 36 m,宽 6.3 m,主机功率 200 kW,总吨位为 143 t,吃水 2.4 m。在航次中,研究人员随船记录船只行为(加油、抛锚、收网、放网和巡游等),并对其实时对应的时间以及航速进行记录。

## 3 结果与讨论

图 2 为 2014 年 8 月 15~20 日一个完整航次的渔船航行轨迹,6 天的航行作业时间分别用 6 种不同颜色进行标示(图 2)。其中具体航程为:2014 年 8 月 15 日 11:24 从大洋山港口起航;13:53 到达嵊泗码头补给冰、淡水和燃油,22:44 从嵊泗开往渔场;8 月 16 日 6:15 到达预定海域,开始拖网捕捞,共下网 14 次;8 月 19 日 14:40 开始返航;8 月 20 日 3:14 到达大洋山港口结束航次。

图 3 是调查期间不同航速船位记录点的统计,随着船航速变化,结合实际船舶作业航行作业状态,船位点数量主要有三个峰:0~0.8 m/s 为第一个峰值的速度区间,为慢速(在港、抛锚、

漂流、慢速航行) 状态; 0.8 ~ 1.6m/s 为第二个峰值的速度区间, 渔船处于捕捞状态; 大于 1.6 m/s 为第三个峰值, 渔船处于航行状态。因此基于航速提取以及实测记录, 拖网最小速度阈值确定为 0.8 m/s ,最大速度阈值确定为 1.6m/s ,作为北斗数据判别渔船状态的判别依据。

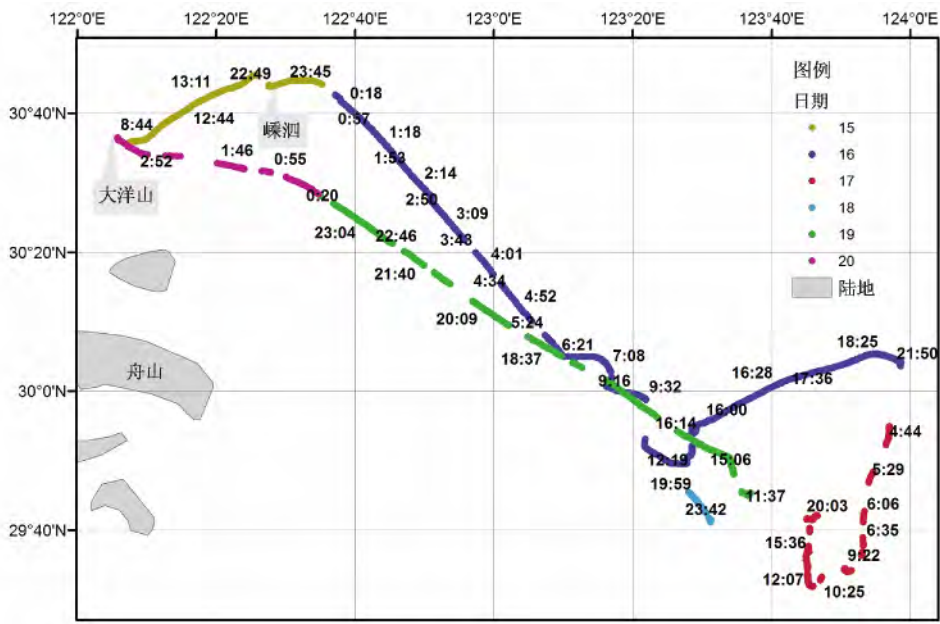


图 2 北斗记录渔船轨迹  
Fig. 2 Beidou track record of fishing vessels

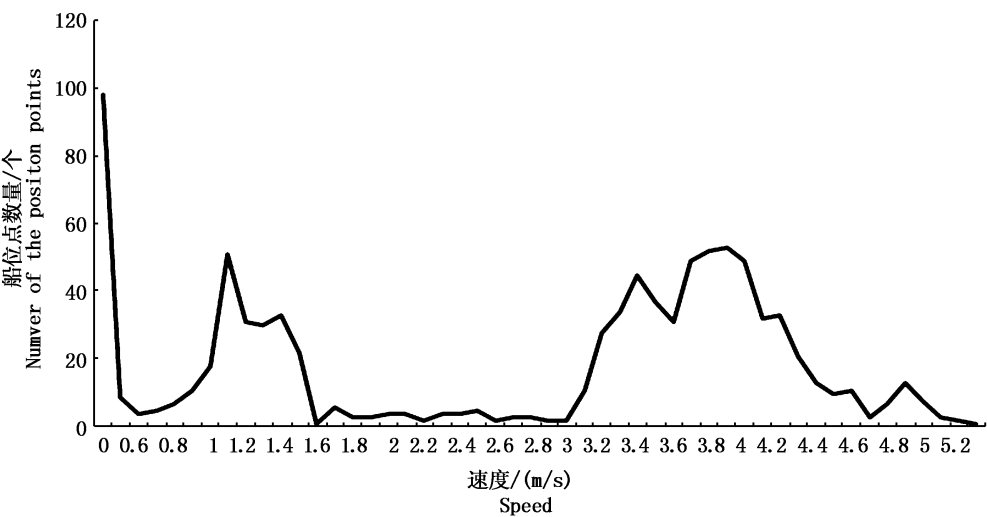


图 3 船只航速船位点频次表  
Fig. 3 Frequency of speed from 15th to 20th , August , 2014

图 4 为根据 0.8 m/s 和 1.6m/s 阈值划分的调查期间的渔船点状态,其中状态中 0 表示慢速,1 表示捕捞,2 表示航行。状态 1 的数量与网次数量相同。由图 4 可以得知 8 月 16 日和 17 日各放了 3 个网次,18 日和 19 日由于北斗数据部分未记录,因此只能区分出 3 个网次,其中 18 号 1 个网次,19 号 2 个网次。

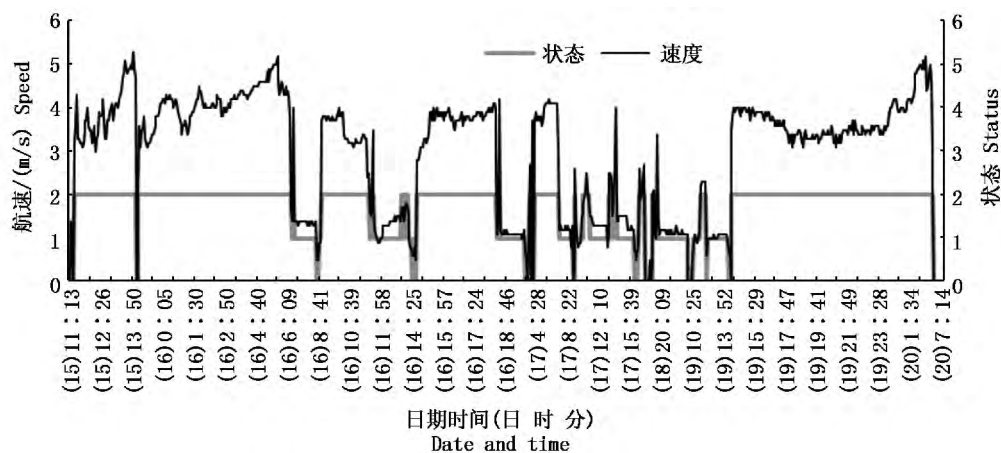


图4 根据速度阈值划分渔船状态

Fig.4 Vessel status based on the speed threshold value

图5是用阈值对船位点分类后在空间上的分布,慢速、捕捞、航行分别用不同颜色区分。图5(b)标注“Fn”的点为放网位置,标注“Qn”的点为起网位置,“n”是网次数,为1~14。图5(b)中GPS记录位置与北斗船位记录的位置并不完全重合,原因为北斗和GPS本身存在10 m左右的

误差;另外,通过阈值判断的起放网时间与人工记录的时间不完全一致,产生这种不一致的原因可能为:人工记录时间与位置有一定的主观性,而北斗数据在空间上也存在误差,进而造成了并不完全一致的情形。

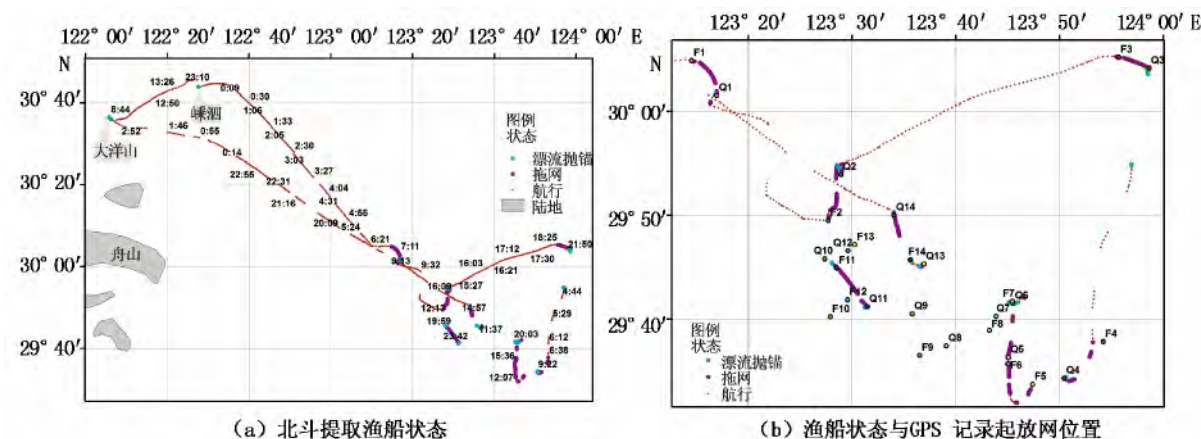


图5 基于北斗数据以及GPS手工记录渔船状态对比

Fig.5 Comparisons of vessel fishing status derived from the records between Beidou and GPS

(a) The distribution of status derived based on the Beidou records; (b) Comparisons of statuses between GPS and Beidou.

北斗数据在16日和17日记录比较完整,18日记录较少,19日有部分记录。引起北斗数据丢失船位数据的原因比较多,主要是由于北斗数据终端受信号干扰、信道占用、供电不足或断点等引起的。此外,北斗终端的船位发送不是完全等时间间隔的,在航速很低的情况下渔船位置发送时间间隔长,但随着北斗渔船终端性能的提升,数据丢失率会逐渐降低。

在第1~4个网次、第6个网次、第11个网

次,北斗船位数据记录比较完整,判断的起放网时间与人工记录的时间差值在10 min内;在第5个网次,渔船拖网作业过程中碰到其他渔船的定置网,渔船停下来通过高频单边带沟通后,确定网具的放置区域,然后避让转向继续拖网作业,因此北斗数据分成了两个网次,即8月17日的10:10~11:09、11:28~12:31两个网次;在第7~10个网次、第12个网次,北斗船位数据丢失,没有船位记录;在第13个网次、第14个网次,放网

的北斗船位数据部分丢失,因此提取的放网时间差值比较大,但起网时间差值在 10 min 以内。

表 1 起放网时间比较  
Tab.1 Comparisons between the beginning and ending for an individual fishing behavior

网次 Net No.	日期 Date	放网时间 Time of putting down net			起网时间 Time of hauling the net			作业时间差 Time difference	北斗记录情况说明 Beidou Data Remarks
		记录	北斗	差值( min)	记录	北斗	差值( min)		
		Record	Beidou	Difference	Record	Beidou	Difference		
1	8 月 16 日	6: 15	6: 21	- 6	7: 45	7: 44	1	7	记录完整
2	8 月 16 日	11: 20	11: 24	- 4	14: 02	13: 57	5	9	记录完整
3	8 月 16 日	18: 20	18: 22	- 2	19: 40	19: 49	- 9	- 7	记录完整
4	8 月 17 日	6: 40	6: 42	- 2	8: 40	8: 50	- 10	- 8	记录完整
5	8 月 17 日	10: 00	10: 10	- 10	12: 50	12: 31	- 19	- 9	两个网次
6	8 月 17 日	14: 05	14: 07	- 2	16: 20	16: 18	- 2	0	记录完整
7	8 月 18 日	6: 15			7: 45				未记录
8	8 月 18 日	8: 40			11: 40				未记录
9	8 月 18 日	13: 00			14: 30				未记录
10	8 月 18 日	16: 30			18: 30				未记录
11	8 月 18 日	19: 50	19: 50	0	21: 50	21: 47	3	3	记录完整
12	8 月 19 日	4: 30			6: 30				未记录
13	8 月 19 日	7: 45	10: 29	164	10: 45	10: 55	- 10	- 174	部分未记录
14	8 月 19 日	11: 45	12: 58	73	14: 00	14: 06	- 6	- 78	部分未记录

表 1 中 14 次拖网根据人工记录的起放网之间平均时长为 128 min,放网时人工记录与北斗记录时间差平均为 4.3 min,起网时人工记录与北斗记录时间差平均为 7.2 min,作业时间差为 6.14 min,分别占人工记录的起放网之间平均时长的 3.4%、5.6% 以及 4.8%。

表 2 起放网位置比较  
Tab.2 Comparisons of location of fishing beginning and ending between Beidou and GPS

网次 Net No.	放网位置			起网位置		
	GPS 经纬度	北斗经纬度	距离( nmi)	GPS 经纬度	北斗经纬度	距离( nmi)
	GPS Longitude and latitude	Beidou longitude and latitude	Distance	Longitude and latitude	Beidou longitude and latitude	Distance
1	123.24 ,30.08	123.25 ,30.08	0.26	123.28 ,30.03	123.28 ,30.03	0.13
2	123.46 ,29.83	123.46 ,29.83	0.31	123.48 ,29.90	123.48 ,29.90	0.12
3	123.93 ,30.09	123.93 ,30.09	0.16	123.98 ,30.07	123.97 ,30.07	0.21
4	123.90 ,29.63	123.89 ,29.63	0.87	123.84 ,29.57	123.84 ,29.57	0.18
5	123.79 ,29.56	123.79 ,29.55	0.51	123.75 ,29.60	123.75 ,29.59	0.7
6	123.75 ,29.59	123.75 ,29.59	0.07	123.76 ,29.69	123.76 ,29.69	0.08
11	123.48 ,29.75	123.4729.75	0.25	123.52 ,29.69	123.52 ,29.69	0.28
13	123.50 ,29.79	未记录		123.62 ,29.76	123.61 ,29.75	0.19
14	123.59 ,29.76	未记录		123.57 ,29.83	123.57 ,29.84	0.24

表 2 中 9 次拖网根据 GPS 记录的起放网之间平均距离为 4.48 nmi,放网的 GPS 位置与北斗位置距离差值平均为 0.35 nmi,起网的 GPS 位置与北斗位置距离差值平均为 0.24 nmi,分别占 GPS 记录起放网之间平均距离的 7.74% 和 5.28%。

我国基于北斗卫星数据渔船捕捞信息挖掘方面的研究时间较短,理论分析刚刚开始<sup>[6-7]</sup>,并且相关的数据验证较少,因此笔者搭乘拖网调查船出海做了出海验证,由于客观条件的限制,参与调查的渔船数量偏少,但出海记录地起放网时间、位置、网次等信息与北斗提取信息比较验证结果较好,后续研究将增加调查渔船的数量和调查时间。拖网状态的网次提取在渔业中具有广泛的应用,通过北斗船位数据分析渔船航速、航向的特征判断渔船的状态,区分出渔船处于捕捞的时间段,计算在某个区域累计捕捞时间,然后结合渔船功率可计算拖网捕捞努力量,通过拖网

里程可计算扫海面积。由渔船历史轨迹提取渔船各作业状态,根据状态计算累计捕捞时间,推算渔船油耗,统计结果可作为燃油补贴依据。根据拖网渔船捕捞特点,识别捕捞许可证没有登记拖网捕捞而从事拖网作业的渔船,通过空间分析渔船位置与专属经济区、渔业协定区、许可捕捞区的位置关系,可识别在渔船捕捞许可证规定的范围以外海域的捕捞,通过时间位置可识别休渔区的非法捕捞。

本文通过北斗渔船船位船速进行渔船作业状态判别分析,并与实测数据进行对照,结果显示北斗渔船船位数据可以用来评估拖网渔船的作业形态。此外,结合数据分析,渔船船位数据可以用来分析不同渔船作业时间<sup>[11]</sup>(图4表1)。尽管实测数据与VMS数据有一定的偏差,但通过我们的分析显示,无论在时间上以及在空间上,该偏差占据很小的比例,这样的偏差在其他的研究报告中也有报道,如Joo等<sup>[12]</sup>对秘鲁鳀鱼渔船VMS数据以及船载数据分析时也存在一定的偏差。解决此类偏差问题,需要进一步提供更加精确的数据分析结果,需要增加更多的船载采样标准,比如减少人工记录放网的偏差,记录偏差等。另外,结合卫星数据较高时效性,以及本研究中所表征的实测数据与卫星数据高度吻合性,研究人员以及管理人员可以通过该数据对渔船位置进行近实时监控,目前国外已有发表自动制图系统为管理和科研提供服务<sup>[13-14]</sup>。

## 4 结论

拖网渔船捕捞的放网、拖网和起网状态中速度变化非常明显,通过渔船速度的变化可以评估渔船作业行为。而北斗船位数据包含以3 min时间分辨率以及10 m空间分辨率的精度记录下的船位、航速、航向等信息。本研究利用北斗船位数据对浙嵎渔10201、浙嵎渔10243双拖网调查船的航速进行统计,划分拖网状态的阈值,并借助北斗数据记录的航速,判断渔船状态,提取出全部处于拖网作业的网次,并将该数据与实地记录数据进行对比分析。

人工记录的起放网之间平均时长为128 min,放网时人工记录与北斗记录时间差平均值和起网时人工记录与北斗记录时间差平均值,分别占人工记录的起放网之间平均时长的3.4%和

5.6%;根据GPS记录的起放网之间平均距离为4.48 nmi,放网的GPS位置与北斗位置平均距离和起网的GPS位置与北斗位置平均距离,分别占GPS记录起放网之间平均距离的7.74%和5.28%。该数据表明北斗船位数据在渔业行为分析中具有较高的精度,不仅可为渔业管理部门提供高精度实时监测数据,同时也可以为实时分析渔场变动等提供研究工具。

致谢:北斗卫星船位数据由北斗星通信息服务有限公司提供,谨此致谢!

## 参考文献:

- [1] PAULY D, CHRISTENSEN V, GUENETTE S, *et al.* Towards sustainability in world fisheries [J]. *Nature*, 2002, 418 (6898): 689-695.
- [2] The council of the European Union. Establishing a community control system for ensuring compliance with the rules of the common fisheries policy [EB/OL]. (2011-01-01) [2009-12-22]. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32009R1224>.
- [3] VERMARD Y, RIVOT E, MAH VAS S, *et al.* Identifying fishing trip behaviour and estimating fishing effort from VMS data using Bayesian Hidden Markov Models [J]. *Ecological Modelling*, 2010, 221(15): 1757-1769.
- [4] GERRITSEN H, LORDAN C. Integrating vessel monitoring systems (VMS) data with daily catch data from logbooks to explore the spatial distribution of catch and effort at high resolution [J]. *ICES Journal of Marine Science*, 2011, 68(1): 245-252.
- [5] 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.
- [6] 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*, 2014, 10(3): 15-23.
- [7] GONZALEZ-MIRELIS G, LINDEGARTH M, SKÖLD M. Using vessel monitoring system data to improve systematic conservation planning of a multiple-use marine protected area, the Kosterhavet National Park (Sweden) [J]. *Ambio*, 2014, 43(2): 162-174.
- [8] JENNINGS S, LEE J. Defining fishing grounds with vessel monitoring system data [J]. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 2012, 69(1): 51-63.
- [9] LAMBERT G I, JENNINGS S, HIDDINK J G, *et al.* Implications of using alternative methods of vessel monitoring system (VMS) data analysis to describe fishing activities and impacts [J]. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 2012, 69(4): 682-693.
- [10] DETSIS E, BRODSKY Y, KNUDTSON P, *et al.* Project

- Catch: A space based solution to combat illegal , unreported and unregulated fishing: Part I: Vessel monitoring system [J]. *Acta Astronautica* , 2012( 80) : 114 – 123.
- [11] LEE J , SOUTH A B , JENNINGS S. Developing reliable , repeatable , and accessible methods to provide high-resolution estimates of fishing-effort distributions from vessel monitoring system ( VMS) data [J]. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* , 2010 , 67 ( 6) : 1260 – 1271.
- [12] JOO R , BERTRAND S , CHAIGNEAU A *et al.* Optimization of an artificial neural network for identifying fishing set positions from VMS data: An example from the Peruvian anchovy purse seine fishery [J]. *Ecological Modelling* , 2011 , 222( 4) : 1048 – 1059.
- [13] HINTZEN N T , BASTARDIE F , BEARE D *et al.* VMStools: open-source software for the processing , analysis and visualisation of fisheries logbook and VMS data [J]. *Fisheries Research* , 2012( 115) : 31 – 43.
- [14] ENGUEHARD R A , DEVILLERS R , HOEBER O. Comparing interactive and automated mapping systems for supporting fisheries enforcement activities-a case study on vessel monitoring systems ( VMS) [J]. *Journal of Coastal Conservation* , 2013 , 17( 1) : 105 – 119.
- [15] 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]. *农业工程学报* 2015 , 31( 7) : 151 – 156.

## Trawler state and net times extraction based on data from Beidou vessel monitoring system

ZHANG Sheng-mao<sup>1</sup> , TANG Feng-hua<sup>1</sup> , JIN Shao-fei<sup>3</sup> , WU Yu-mei<sup>1</sup> ,  
XU Lin-hao<sup>2</sup> , DAI Yang<sup>1\*</sup>

( 1. *Key Laboratory of East China Sea & Oceanic Fishery Resources Exploitation and Utilization , Ministry of Agriculture , East China Sea Fisheries Research Institute , Chinese Academy of Fishery Sciences , Shanghai 200090 , China*; 2. *BDStar Information Service Co. Ltd. , Beijing 100094 , China*; 3. *Institute of Atmospheric Physical , Chinese Academic of Sciences , Beijing 100029 , China* )

**Abstract:** By the end of 2014 , China's offshore fishing boats have been installed with more than 57 000 Beidou terminal units. This system mainly aims to manage vessels fishing , fishery safety , and emergency rescue. The data sent by the terminal unit have a temporal resolution by 3 minutes , and a spatial resolution by 10 meters. After carrying out these fishing services for almost nine years , the system have recorded billions of historical cruising data for each vessel , including time , position , speed , direction , rate of turn , *etc.* These data can be analyzed by big data mining technology. To mine the fishery information from the historical data , cooperation had been carried out between East China Sea Fisheries Research Institute , Chinese Academy of Fishery Sciences ( ECSFRI) and several Beidou operators. The numbers of trawl net play important roles in evaluating the catch efforts. The speeds of trawl vessels change obviously at different fishing phases ( stillness , tracking , and cruising) . In addition , the Beidou vessel monitoring system supports the information of vessel position , vessel speed , and time every three minutes. Thus , the changes in speeds recorded by the monitoring system can evaluate the fishing phases. In this study , we compared the speed data of Zheshengyu 10201 , and Zheshengyu 10243 from VMS with the records in situ. The threshold speeds in different phases were divided by the frequencies of speed. Based on the divided speed , the fishing behaviors were extracted during cruises. The comparisons between data in situ and VMS showed the differences of time only 4.3 min , 7.2 min , of distances only 0.35 nmi , 0.24nmi , for the beginning , ending fishing status respectively. The results indicate that the VMS data can be used for fishery analysis.

**Key words:** Beidou satellite navigation; speed; trawl; net times