

北极东北航道海冰变化特征分析研究

孟上^{1,2}, 李明^{1,2}, 田忠翔^{1,2}, 张林^{1,2}

(1. 国家海洋环境预报中心, 北京 100081; 2. 国家海洋局海洋灾害预报技术研究重点实验室, 北京 100081)

摘 要:21世纪以来, 北极海冰正在发生快速变化, 海冰覆盖范围明显减小, 厚度显著变薄, 在此背景下, 东北航道的提前开通成为可能。本文对多年来北极东北航道内的海冰变化特征和近几年东北航道的开通情况进行了分析研究, 认为东北航道在9月份开通的可能性最大, 8月份次之, 10月份通航的困难较大; 历年的航道开通起始时间变化较大, 俄罗斯新西伯利亚群岛和北地群岛, 与大陆之间的海冰对东北航道的开通起着关键作用。东北航道的海冰年际变化较大, 这给未来东北航道使用带来了较大挑战。

关键词: 北极; 东北航道; 海冰

中图分类号: P731.15 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-0239(2013)02-0008-06

1 引言

近30年的观测表明, 北极海冰正在发生快速变化^[1-3]。海冰覆盖范围从20世纪70年代开始减少, 进入21世纪后, 其速率由每10年减少3%增至每10年减少10%^[4]。同时, 北极海冰厚度也明显变薄^[5-8], 多年冰也呈减少趋势^[9-10]。

随着北极海冰的减少和变薄, 北极航道的开通成为可能。北极航道^[11]是指位于北冰洋的航海路线总称, 是联系亚洲、欧洲和北美洲三大洲的海上通道, 主要是指西起冰岛, 经欧亚大陆北部沿海到达白令海的“东北航道”(Northeast Passage), 和从白令海经波弗特海和加拿大群岛海域到达巴芬湾的“西北航道”(Northwest Passage)见图1。东北航道具体分为两个部分: 第一部分是北欧部分, 从摩尔曼斯克直达挪威的斯瓦尔巴群岛、冰岛的雷克雅未克和英国的伦敦等港口, 该航道相对比较成熟, 运行时间长, 基础设施较为完善, 目前, 北欧各国一直在使用。第二部分是从摩尔曼斯克港, 经北冰洋南部的巴伦支海、喀拉海、拉普捷夫海、东西伯利亚海、楚

科奇海和太平洋的白令海、日本海到俄罗斯东亚的符拉迪沃斯托克(海参崴)港, 该航道属季节性海上航线, 全长约5620 n mile。

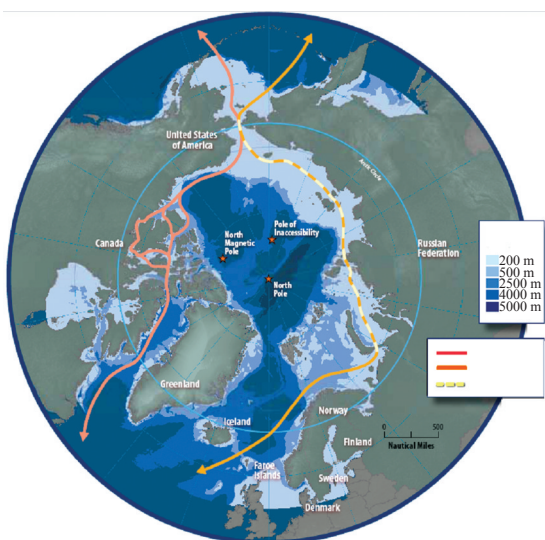
东北航道是连接北大西洋和北太平洋间的海上捷径, 也是联系欧洲和东北亚地区潜在的经济航线。东北航道的开通, 会极大地缩短东北亚和欧美地区的航线距离, 形成一条快捷的海上运输通道, 航程相比传统航线要缩短15%—50%, 极大地降低了我国与欧美国家的运输成本。2009年以来, 德、挪、俄等国在前期冰区航行技术研发和试航基础上, 纷纷使用抗冰船成功运送铁矿石、液化天然气经东北航道到中国沿海和日本诸港。我国也于2012年7月第五次北极科学考察期间首次使用“雪龙”船进行了东北航道适航, 为将来的我国远洋商业航运积累了宝贵的经验。分析多年来北极东北航道内的海冰变化情况, 尤其是近几年东北航道的开通情况, 能够为未来我国利用北极航道提供重要的借鉴作用。

本文利用国际浮标计划(IABP)提供的北极冰速数据和卫星反演的海冰密集度数据, 重点分析了

收稿日期: 2012-09-26

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划(2011BAC03B02); 海洋公益性行业科研专项(201205007); 极地考察专项(CHINARE2012-03-01); 国家自然科学基金项目(41206184); 极地办对外合作支持项目(IC201102)

作者简介: 孟上(1973-), 女, 高级工程师, 主要从事极地气象预报工作。E-mail: mengshang@nmefc.gov.cn



(引自2009年北极海运报告^[11])

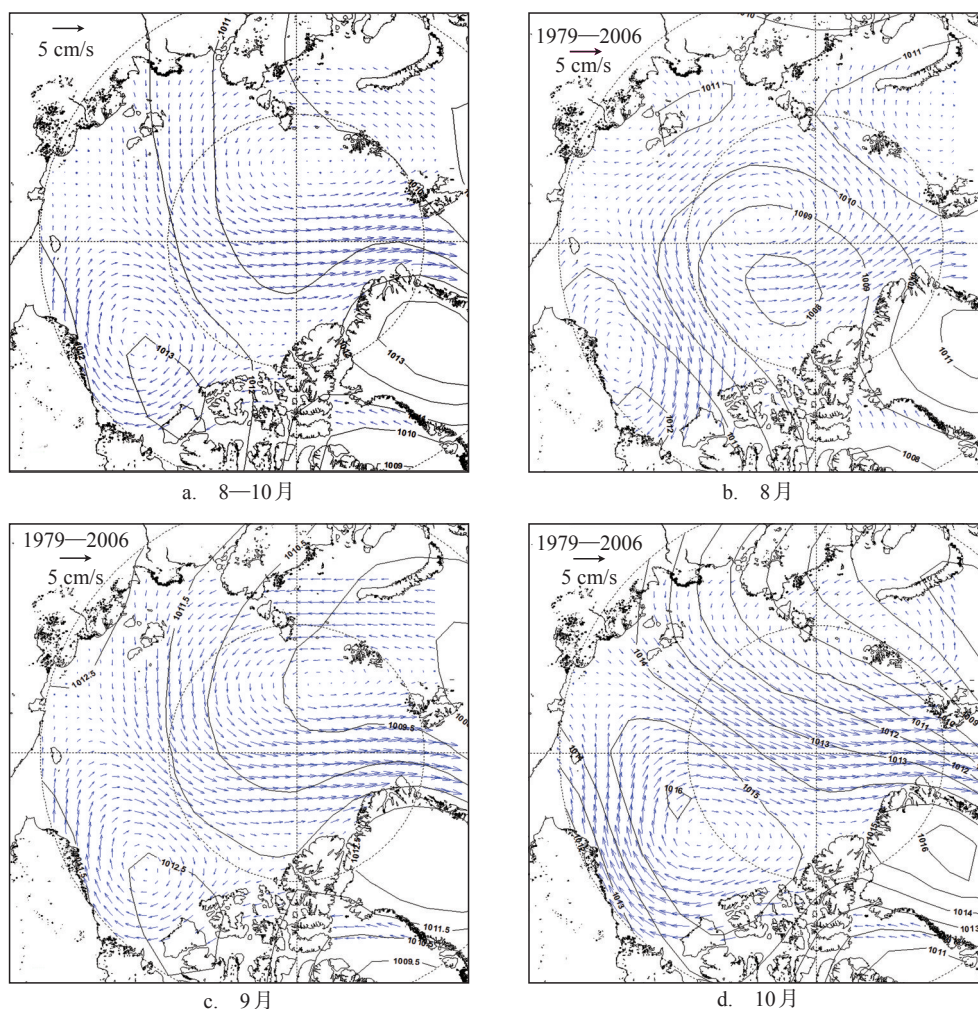
图1 北极航道路线示意图

北极东北航道内的海冰运动和变化情况,并对近几年航道的开通情况进行了分析。

2 数据

本文使用的北极海冰运动数据和海平面气压数据都是北极国际浮标计划(IABP)提供的(<http://iapb.apl.washington.edu>),时间跨度为1979—2006年。这两种数据都是由浮标数据通过最优插值(OI)方法插值得到。海冰速度场的空间分辨率为100 km,全北极共有784个点。海平面气压场的空间分辨率相对较低,为 $10^{\circ} \times 2^{\circ}$,覆盖范围 70°N 以北的区域。

SSM/I(Special Sensor Microwave/Imager)海冰密集度数据由美国雪冰中心(NSIDC)提供,该密集



(1979—2006年夏季)等压线间隔均为1 mbar

图2 北极海冰运动速度场及海表面气压场

度产品由 Nimbus-7 卫星上的扫描式多通道微波辐射计 (SMMR) 和美国国防气象卫星中的 F8, F11, F13 和 F17 携带的多波段微波辐射扫描仪 (SSM/I) 提供的亮温数据, 由 NASA Team algorithm 算法计算生成, 数据覆盖南北两极, 空间分辨率为 25 km, 时间范围为 1978 年 10 月至今, 有日平均和月平均两套数据。

德国不莱梅大学的 AMSR-E (Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS) 海冰密集度数据, 该数据采用 ARTIST sea ice algorithm (ASI 5) 计算得到, 数据的空间分辨率为 6.25 km, 时间范围为 2002 年 6 月 19 日—2011 年 10 月 4 日。

3 夏季东北航道海冰运动特征分析

利用国际北极浮标计划 (IABP) 提供的 1979—2006 年夏季 (8—10 月) 月平均北极海冰速度场和海平面气压场 (SLP) 数据, 对北极东北航道夏季海冰运动特征进行分析。

图 2a 是 1979—2006 年夏季平均海冰流场和海平面气压场, 图中显示北极存在一个位于波弗特海域的高压系统和一个位于欧亚海盆的低压系统, 在这两个系统的控制下, 海冰在相应区域分别出现了反气旋式的波弗特涡和气旋式的涡旋。在巴伦支海和喀拉海, 海冰处于气旋式的涡旋中, 由西向东运动, 但运动速度较小。拉普捷夫海产生的海冰先随气旋式涡旋离岸运动到北极中心, 继而随穿极漂流流向北大西洋。对于东西伯利亚海, 其西部海冰运动速度较中东部大。西部的海冰离岸运动至北极中心, 最终随穿极漂流流出北极, 中东部的海冰运动速度则非常小。总之, 东北航道区域的海冰运动速度相对于其它区域的速度较小。东北航道区域在 8—10 月份较低的海冰密集度、海冰的离岸运动以及相对较低的运动速度都为航道的开通和通行提供了前提条件。

8 月份 (见图 2b) 在北极中心出现了较强的低压系统, 海冰也出现了较强的气旋式运动。此时, 喀拉海和巴伦支海的海冰呈反气旋式运动。拉普捷夫海形成的海冰离岸运动, 随着北极中心的气旋式运动漂流, 进入加拿大海盆之后, 一部分随着穿极漂流消亡在大西洋, 一部分随波弗特涡运动。对于东西伯利亚海中西部, 有一些海冰向岸运动, 这有

可能会造成海冰在沿岸堆积, 不利于东北航道的开通, 而东部的海冰运动速度非常小。

9 月份 (见图 2c) 整个北极的海冰运动特征与夏季平均非常相似。北极中心的低压系统南移, 北极中心的海冰气旋式运动向巴伦支海方向移动。巴伦支海和喀拉海的海冰由西向东运动。拉普捷夫海生成的海冰沿着等压线运动, 并最终随气旋式涡旋汇入穿极漂流。东西伯利亚海沿岸的海冰运动速度相当小。考虑到 9 月份东北沿岸的海冰密集度较低, 所以比较小的海冰运动速度以及海冰的离岸运动会有利于东北航道的开通。

10 月份 (见图 2d) 波弗特高压进一步加强, 低压系统继续减弱并南移。在喀拉海和巴伦支海之间存在一个微弱的海冰气旋式运动。拉普捷夫海产生的海冰沿着等压线运动到北极中心, 然后从弗雷姆海峡流出北极进入北大西洋。但是拉普捷夫海东部海冰的离岸运动有可能使海冰堆积在利亚霍夫群岛南、北部的海峡, 这将对东北航道的通行带来一定的阻碍。东西伯利亚海的海冰运动速度依然很小, 但比 8、9 月份稍大。由于波弗特涡有所加强, 并且靠近阿拉斯加一侧海冰运动速度较大, 导致由波弗特海向楚科奇海运动的海冰堆积在弗兰格尔岛以及楚科奇半岛沿岸的可能性较大, 阻碍东北航道的通航。

综上所述, 根据夏季 (8—10 月) 海冰运动特征发现, 东北航道在 9 月份开通的可能性最大, 8 月份次之, 10 月份通航的困难较大。

4 近几年北极东北航道的开通情况

4.1 2009—2011 年东北航道开通情况

使用美国雪冰中心 (NSIDC) 的 SSM/I 海冰密集度数据, 我们先对日平均海冰密集度数据进行了平均, 得到了 2009, 2010 和 2011 年 7—10 月份的月平均海冰密集度数据。

图 3 为北极东北航道 2009 年 7—10 月平均海冰密集度分布图。从图上可以看到, 2009 年的冰情较重, 东北航道在 9 月份可以通行, 8 月份在俄罗斯北地群岛与大陆之间的海冰对航道的开通造成了较大的影响。

图 4 为东北航道 2010 年 7—10 月平均海冰密集

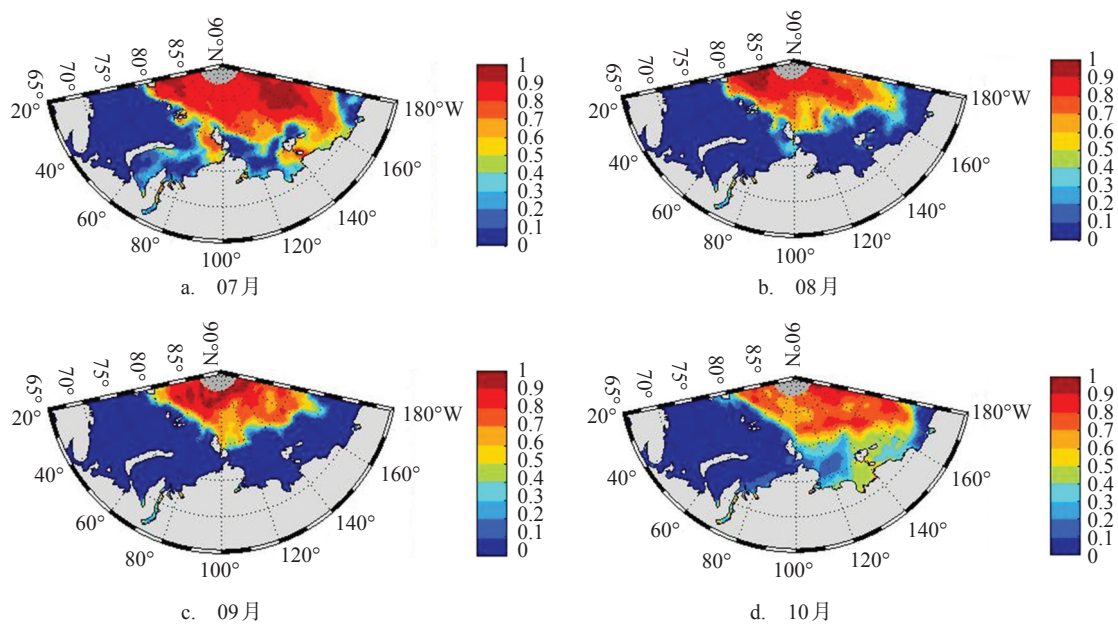


图3 东北航道2009年7—10月月平均海冰密集度分布图

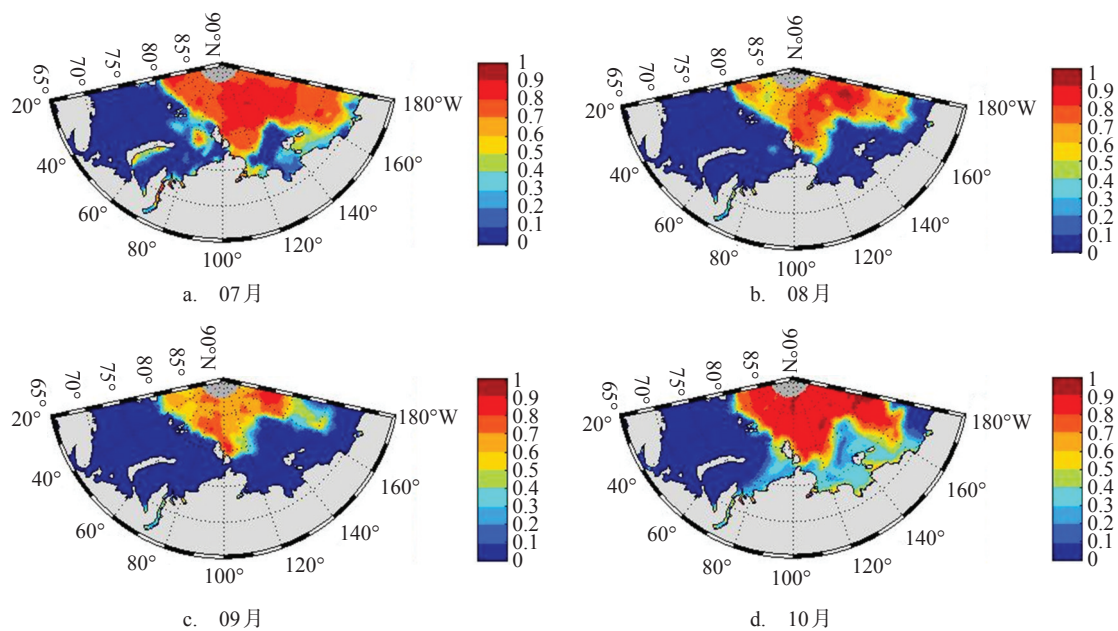
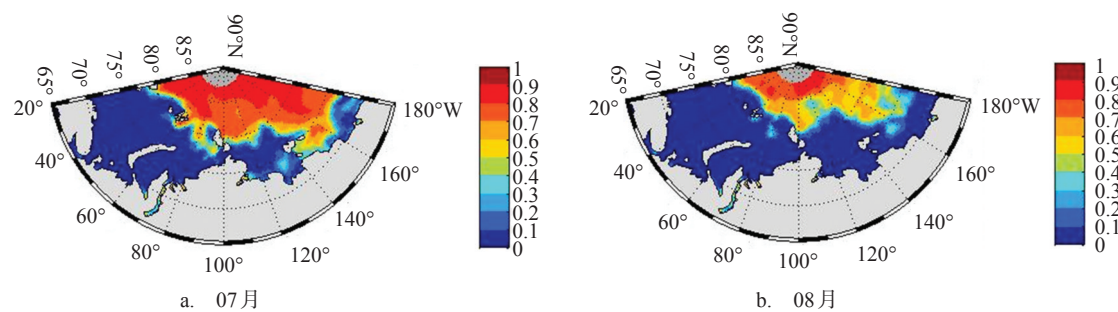


图4 东北航道2010年7—10月月平均海冰密集度分布图



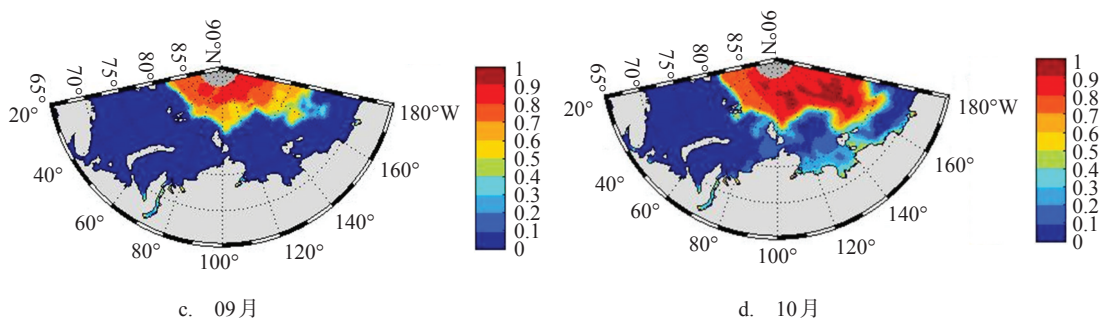


图5 东北航道2011年7—10月月平均海冰密集度分布图

度分布图。2010年航道的冰情较2009年偏轻,虽然2010年7月份的海冰较多,但是海冰在8月份迅速消融。9月份的海冰达到了最小值,航道的运行可以顺利开展。10月份海冰开始快速冻结,东北航道的通航受到海冰的严重影响。

图5是2011年7—10月平均海冰密集度的分布图。2011年的海冰范围更是达到了近几年的极低值。据美国雪冰中心的研究结果表明,2011年9月9日海冰范围达到该年度最低值,仅次于2007年9月份的历史极小值。2011年10月份东北航道的冰情并不严重。

下面我们进一步使用分辨率更高的 AMSR-E 海冰密集度数据,来分析东北航道的开通情况。由该套数据,并综合之前的海冰变化和运动特征,我们对近三年来东北航道的开通情况进行了初步分析。2009—2011年东北航道的完全开通的时间分别为9月初—10月初,8月底—10月初,7月底—10月初。航道受海冰变化的影响,每年的通航时间并不固定。东北航道的开通的关键在于东西伯利亚海和拉普捷夫海之间的德米特里拉普捷夫海峡(Dmitry Laptev Strait),喀拉海和拉普捷夫海之间的维利基茨基(Vilkitsky)海峡的海冰的融化,即俄罗斯新西伯利亚群岛和北地群岛与大陆之间的海冰严重影响着东北航道的开通。

4.2 2012年东北航道开通情况

2012年正值我国第五次北极科学考察之际,北极海冰的变化情况对考察船的航行意义更加重大。第五次北极科学考察,首次穿越东北航道航行,进入极圈后具体的路线见图6。红线为“雪龙”船进入东北航道的航线,蓝线为“雪龙”船返航的路

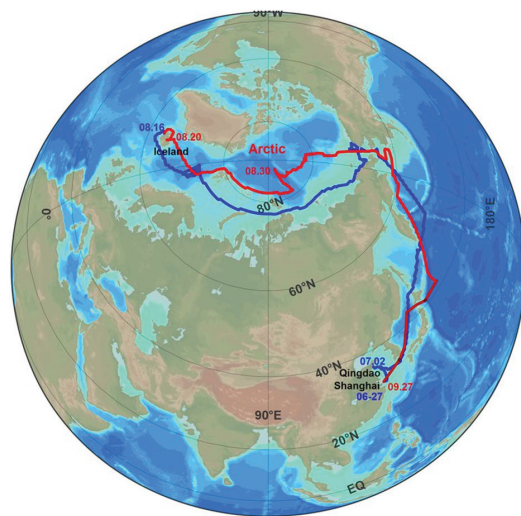


图6 第五次北极科考路线示意图

线。这次在东北航道的航行,有几个关键事项。一个是东北航道的通行,必须由俄罗斯破冰船来引航,因此在冰情相对较重的7月份“雪龙”船随破冰船编队开始穿越东北航道。从 AMSR-E 卫星反演的海冰密集度数据来看,东北航道的完全开通在8月中旬。“雪龙”船途径东西伯利亚海,拉普捷夫海,7月29日穿越北地群岛南部的维利基茨基海峡。“雪龙”船在新地岛脱离破冰船编队后,进入巴伦支海。返航途中,8月23日进入冰区,9月5日,圆满完成所有科考任务。

根据美国雪冰中心的 SSM/I 海冰密集度数据,全北极的海冰范围在今年持续突破历史极低记录,先是在今年的8月26日达到了历史极低值($4.10 \times 10^6 \text{ km}^2$),小于之前2007年9月18日的极低值($4.17 \times 10^6 \text{ km}^2$),更是在9月16日达到了 $3.41 \times 10^6 \text{ km}^2$ 。虽然北极海冰范围持续减小,但是海冰范

围的空间分布不同于往年。今年北极海冰在波弗特海偏少,而在西拉普捷夫海的海冰偏多,尤其是新西伯利亚群岛周围的海冰较多,形成一个“冰舌”延伸到陆地,影响了东北航道的开通。因此,北极海冰较大的年际变化,对东北航道的开通带来了较大的挑战。

5 结论

综合以上分析结果,可以得如下结论:

(1)通过对夏季(8—10月)海冰运动特征分析,东北航道在9月份开通的可能性最大,8月份次之,10月份通航的困难较大;

(2)根据卫星反演的海冰密集度数据,东北航道近几年的开通时间从7月底—9月初,一直到10月初,开通的起始时间变化较大;俄罗斯新西伯利亚群岛和北地群岛,与大陆之间的海冰对东北航道的开通起着关键作用;

(3)东北航道的海冰年际变化较大,这给未来北极航运带来较大的挑战。

参考文献:

- [1] Serreze M, Holland M, Stroeve J. Perspectives on the Arctic's shrinking sea-ice cover[J]. *Science*, 2007, 315:1533-1536.
- [2] Comiso J C, Parkinson C L, Gersten R, et al. Accelerated decline in the Arctic sea ice cover[J]. *Geophys. Res. Lett.*, 2008, 35, L01703, doi:10.1029/2007GL031972.
- [3] Cavalieri D J, Parkinson C L. Arctic sea ice variability and trends, 1979-2010[J]. *The Cryosphere Discussions*, 2012, 6: 957-979, doi:10.5194/tcd-6-957-2012.
- [4] Stroeve J, Holland M, Meier W, et al. Arctic sea ice decline: Faster than forecast[J]. *Geophys. Res. Lett.*, 2007, 34, L09591, doi: 10.1029/2007GL029703.
- [5] Arctic Climate Impact Assessment (ACIA), Arctic Climate Impact Assessment[M]. 1042., Cambridge Univ. Press, Cambridge, U. K. 2005.
- [6] Rothrock D A, Percival D B, Wensnahan M. The decline in arctic sea ice thickness: Separating the spatial, annual, and interannual variability in a quarter century of submarine data[J]. *J. Geophys. Res.*, 2008, 113, C05003, doi:10.1029/2007JC004252.
- [7] Kwok R, Rothrock D A. Decline in Arctic sea ice thickness from submarine and ICESat records: 1958—2008[J]. *Geophys. Res. Lett.*, 2009, 36, L15501, doi:10.1029/2009GL039035.
- [8] Kwok R, Untersteiner N. The thinning of Arctic sea ice. *Phys. Today*, 2011, 64, 36-41.
- [9] Polyakov I V, Kwok R, Walsh J E. Recent changes of arctic multi-year sea-ice coverage and the likely causes[J]. *Bulletin of the American Meteorological Society* 92 (on-line version), 2011, doi: 10.1175/BAMS-D-11-00070.1.
- [10] Comiso J C. Large decadal decline of the Arctic multi-year ice cover[J]. *J. Clim.*, 2012, 25, 1176-1193.
- [11] Arctic Council 2009. Arctic Marine Shipping Assessment 2009 Report[R]. Arctic Council, 189.

Characteristics of the sea ice variation in the Arctic Northeast Passage

MENG Shang^{1,2}, LI Ming^{1,2}, TIAN Zhong-xiang^{1,2}, ZHANG Lin^{1,2}

(1. National Marine Environmental Forecasting Center, Beijing 100081 China; 2. Key Laboratory of Research on Marine Hazards Forecasting, Beijing 100081 China)

Abstract: Arctic sea ice is changing rapidly since the 21 th century. So the earlier open time of Northeast Passage becomes possible with the decreasing of sea ice coverage and thinning of sea ice thickness. This paper studies the climatic characteristics of the sea ice motion and the opening condition of the Northeast Passage in recent several years. The results show that the opening time of the Northeast Passage has the greatest possibility in September, and then in August, but there is more difficulties in October. The opening time of the Northeast Passage is changing greatly from year to year. The sea ice located in the New Siberian Islands, Severnaya Zemlya and the Russian mainland determines the opening time of the Northeast Passage. The large interannual variation will bring a challenge to the use of the Northeast Passage in future.

Key words: Arctic; Northeast Passage; sea ice