

研究论文

基于航运成本的北极东北航道集装箱运输潜力研究

寿建敏 冯远

(上海海事大学, 上海 201306)

摘要 根据北极东北航道航运环境,对北极航行船舶进行了技术和经济分析,并在分析中欧货物贸易量和集装箱运输量的基础上,对北极东北航道集装箱航运网络的构建进行了研究,设立北极东北航道航运技术和经济分析方案,建立了航运技术经济成本分析模型,并对不同规模船型通过北极东北航道的集装箱运输成本进行了比较分析。在北极航道以卑尔根港为轴辐式枢纽港的集装箱运输成本分析基础上,提出了建设新的欧洲轴辐式枢纽港有利于提高北极航道竞争力的推论。论文的结论表明,在目前北极航道航行环境下,航行时间节约不多,航次成本节约在 10% 左右,燃油成本节约较大,达 35% 左右。

关键词 北极航道 集装箱运输 枢纽港 中欧航线 航运成本

doi:10.13679/j.jdyj.2015.1.065

视和关注。

0 引言

北极航运的可航行条件在不断改善,虽然北海冰融化期的规模有反复,但从长期看海冰规模总体呈减小趋势,而且融化期的海冰规模减少速度要大于冰冻期的海冰规模减少速度,并且在冰冻期的海冰规模中,“1 年冰”的规模呈现连续扩大态势,为破冰航行提供了条件。北极航运条件的改善主要在两个方向上,即:夏季海冰规模大幅减小、冬季海冰冰龄不断减小^[1]。目前,北极航运活动主要在 6—10 月浮冰的消融期,全程可航时间约 45 d,根据预测,到 2050 年可自由航行和可破冰航行的天数总和将可能达到 150 d 或更多。北极航线可以在夏季实现通航的主要有两条,分别为西北航道和东北航道,均是连接大西洋与太平洋的最近海上通道,可以使欧洲、亚洲和北美洲更加紧密地联系在一起。其中东北航道商业化航行的条件较为成熟,因此,通过北极航道进行亚欧航线的集装箱运输值得重

1 亚欧集装箱航运贸易状况

亚欧集装箱航运贸易是世界集装箱运输贸易的重要组成部分。世界各主要集装箱班轮公司大多经营着覆盖全球的航线,其服务网点也遍布全球主要港口和地区。从全球集装箱装卸量分析,总体呈历年增长态势,见表 1,总量已达 6.4 亿 TEU (Twenty-foot Equivalent Unit),其中相当部分航线的箱量通过枢纽港中转,为此什么样的港口能够成为中转枢纽港也就成了关注的重点。

在全球集装箱航运贸易中,贸易量最大的三条主干航线是太平洋航线、亚(远东)欧航线和大西洋航线,三大航线运量占了全球航线 1/3 强。在亚洲到欧洲的集装箱贸易中,以远东到欧洲的贸易量最为引人关注。该航线从亚洲出发必须经过亚丁湾和苏伊士运河才能到达欧洲,其中远东至欧洲航线的西行运量是三大航线中单向运量最大的航线,见表 2。

[收稿日期] 2014 年 5 月收到来稿,2014 年 6 月收到修改稿

[基金项目] 上海市浦江人才计划(08-PJC-037)和海洋公益性行业科研专项(201205007-6)资助

[作者简介] 寿建敏,男,1961 年生。博士,教授,主要从事港航技术经济与管理、海洋经济及产业研究。E-mail:jmshou@shmtu.edu.cn

表 1 全球集装箱运量构成分析^[2] (百万 TEU)

Table 1. Global container handling amount and constitution (million TEU)

年份	集装箱装卸量	重箱装卸量	空箱装卸量	空箱率
2000	235.4	185.0	50.4	21.40%
2001	248.6	194.3	54.3	21.80%
2002	280.5	221.5	59	21.00%
2003	317.4	251.5	65.9	20.80%
2004	363.2	288.8	74.5	20.50%
2005	400.3	319	81.3	20.30%
2006	443.5	348.3	95.2	21.50%
2007	498	388.9	109.2	21.90%
2008	527.5	413.2	114.3	21.70%
2009	481.8	376.9	104.9	21.80%
2010	550.5	430.6	119.9	21.80%
2011	595	471.2	123.8	20.80%
2012	622.6	493.1	129.5	20.80%
2013	642.1	—	—	—

表 2 全球三大主干航线集装箱贸易量^[2] (百万 TEU)

Table 2. Global container trade volume on the three main trunk routes (million TEU)

年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013e	2014f
跨太平洋-东向	13.4	11.4	13.1	13.2	13.3	13.5	14.2
跨太平洋-西向	7.1	7.0	7.2	7.6	7.6	7.7	8.1
远东-欧洲-东向	5.4	5.6	5.8	6.2	6.4	6.8	7.1
远东-欧洲-西向	13.8	11.7	13.8	14.2	13.5	14.0	14.8
跨大西洋-东向	3.2	2.4	2.7	2.8	2.6	2.7	2.8
跨大西洋-西向	3.2	2.7	3.0	3.3	3.5	3.6	3.7

在太平洋和远东至欧洲航线上,中国为起讫点的集装箱运量占了很大比重,见表 3。中国至欧洲的货物种类与欧洲至中国的货物种类有着很大区别:中国向欧洲出口的是低附加值的轻纺以及机电产品,进口的则是资金密集型的和高附加值产品^[3]。由此也产生了东西向贸易的不平衡以及净出口货物种类的差异,空箱运输需求量也就很大。其中远东至欧洲的西向航线上,中国为起点的货运量占了 70% 多,因此中国在这一航线上扮演了重要的角色,北极航线的开通对中国与欧洲间的贸易有着重要影响。

表 3 中国相关的太平洋和欧洲航线集装箱运量^[2] (百万 TEU)

Table 3. TEUs volume on Pacific and Europe route related to China (million TEU)

航线	2009	2010	2011	2012	2013e	平均增长率
中国-美国	7.43	8.29	8.11	8.23	8.40	3.1%
美国-中国	2.32	2.26	2.49	2.50	2.52	2.1%
中国-欧洲	7.96	9.47	9.92	9.43	9.89	5.6%
欧洲-中国	2.88	2.80	3.11	3.19	3.44	4.5%

2 基于北极航道的集装箱航线网络构造

以集装箱港口发展为基础的集装箱航线网络化发展经历了不同的发展时期,也形成了不同的网络构造形式。最早以腹地为基础的港口受腹地发展程度和通达水平的不同影响,形成了不同等级的港口和相应的网络体系。总体上,连接航线的港口主要有三种类型:喂给港(支线港)、干线港和枢纽港。不同层次港口的发展,航线网络化也出现了不同阶段的演变,主要呈现三个阶段类型^[4],即传统初期阶段网络、枢纽港核心阶段网络、多层次航线网络。

虽然航线网络不断演变,但核心枢纽港一直在跨洋航线中扮演了重要的角色。同时多层次的航线网络也使港口间的竞争变得更加激烈,尤其在太平洋航线和亚欧航线上的亚洲港口间的竞争异常激烈。

在北极东北航道航线构造中,针对现有各枢纽港模式,最为适合的是轴辐式枢纽港网络形态(hub and spoke port)。轴辐式的基本运作形态是货物从不同的出发地(spoke)到达不同的目的地(spoke),或者从相同的出发地到达不同的目的地,货物在轴辐式网络模型中都必须先到达一个中间地点(hub)进行转运,然后享受优惠的直达运输服务^[4],目的是为了集中货物量,提高跨洋船舶的装载率,实现主干航线上的规模经济效益,见图 1。

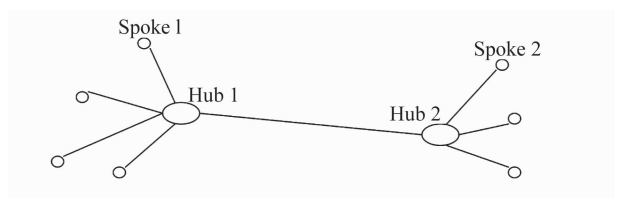


图 1 轴辐式枢纽港网络运作

Fig. 1. Operation of hub-spoke harbor networking

在传统的中欧航线上,形成了以中国港口为起讫点,并和亚欧航线融合的多层次港口航运网络,该航线跨越西太平洋、穿过马六甲海峡、通过印度洋、经过索马里海域、穿过苏伊士运河、进入地中海、绕过直布罗陀,到达欧洲基本港,通常以鹿特丹港为基本目的港。从上海港到鹿特丹港全程 10 651 海里,连结了欧洲、地中海两大贸易区各港,集装箱船运输

最为繁忙^[5]。由于该航线上远东到欧洲的航线中,中国为起讫港的货运量占了7成(1 320万TEU),因此以中国港口为主构成轴辐式枢纽港型的航线网络应具有较好的经济性,目前由于中继港新加坡、远东其他港口和地中海港口融入网络中进行竞争,该网络具有混合型特征。作为与北极航道之间的对比分析,可以将该航线认作为以上海和鹿特丹为两端枢纽港的轴辐式枢纽港航线。

从目前北极航道开通的情况来看,以北极东北航道进行集装箱运输较为有利,该航线从上海出发穿过日本海、进入白令海、经过白令海峡、沿俄罗斯北方沿海穿过德朗海峡、维利基茨基海峡、进入喀拉海和巴伦支海、沿挪威沿海到欧洲各港,沟通了中国(或远东)和欧洲间的集装箱运输,若到达鹿特丹港全程为7 870海里。

从欧洲港口分布来看,亚洲货物从北极走以鹿特丹港为轴辐式枢纽港,到港后还需要大量货物朝北往回进行支线运输,因此从北极东北航道航线运到欧洲的亚洲货要走回头路,为此对北极东北航道航线来讲,应该在欧洲北部寻找更加合适的港口来增强北极东北航道的竞争力。从地理位置上看,挪威西部沿海港口位置较佳,是较为合适的选择地。根据对挪威港口的分析,卑尔根港是较为理想的一个港口用来发展成欧洲轴辐式枢纽港。在航线方案中,将卑尔根港假设为欧洲的轴辐式枢纽港与鹿特丹港进行比较,鹿特丹至卑尔根约530海里,具体航线方案见表4和图2。

表4 北极航道航线对比方案*

Table 4. Comparative programme relating to the Arctic passage.*

起讫港	所经航道	航距/海里	运输量/ 万TEU	年可航 时间/d
上海—鹿特丹	苏伊士运河	10 651	0—1 400	350
上海—鹿特丹	东北航道	7 870	0—1 400	45、60、90、 120、350
上海—卑尔根	东北航道	7 340	0—1 400	45、60、90、 120、350

* 不同箱量情况

3 北极航道集装箱船型技术方案分析

当今世界商业船队中,集装箱船队运力规模最大,对世界贸易影响范围最广,因此集装箱船型发展及主机开发一直是航运业关注的重点。

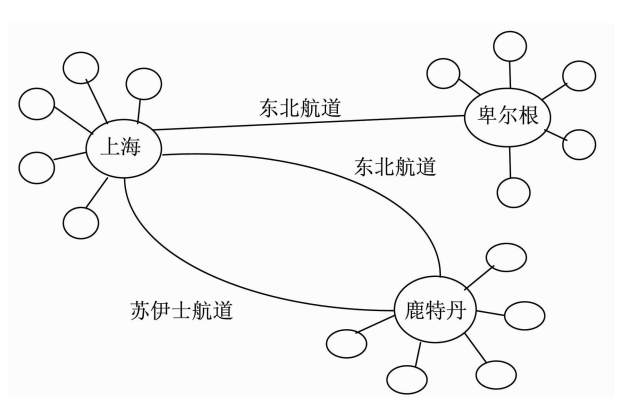


图2 中欧航线轴辐式枢纽港比较方案
Fig. 2. Comparative programmes of China-Europe shipping lines in the hub-spoke harbor model

根据集装箱船型发展历程,自1956年改装美国二战时期油船为集装箱船以来,从第一艘装载不到100 TEU的全集装箱船,到最新可装载18 000 TEU的船,集装箱船已经历了6代的发展。集装箱船载箱量以惊人速度增加的同时,集装箱船舶数量也大大增加。至2013年10月,全球集装箱船总数为5 137艘,总箱位达1 706万TEU,平均船龄10.7年。

在现有集装箱船队中,无论从船舶艘数还是箱位数量来看,4 000—6 000 TEU船舶所占的比重最高,属于主力船型,见表5。

根据北极航道的特点,从尺度上考虑,不同代数的集装箱船均应能通过航道中的两个海峡,即:德朗海峡和维利基茨基海峡。而根据北极航道的冰级情况,相应集装箱船的建造必须增加外板厚度和主机功率^[6]。考虑到俄罗斯引航和破冰船的存在,可采用中等冰级船舶的要求,ICE I B冰级的船舶。船舶规模可以从1 000—11 388 TEU中选择。普通水域参考船型见表6。

而北极船型则可以在普通船型的基础上增加外板厚度和主机功率,以及相关的除冰抗冷设备,因此造价和自重将增加。根据相关资料分析,同样载货量的ICE I B冰级船舶^[7]的造价约增加15%,排水量约增加10%。

4 北极航道航运成本模型和参数分析

为了分析北极航线航运经济性,分别建立北极航线集装箱运输成本模型和普通航线集装箱运输成本模型,并对结果进行比较分析。由于东北航道条

表 5 截止 2013 年 10 月全球服役集装箱船状况^[2]
Table 5. World cellular containership fleet by size range Oct, 2013

单船载箱范围/TEU	船舶数量	百分比	总载箱量/ TEU	百分比	平均航速/节	平均船龄/a
<500	363	7.1%	110 503	0.6%	13.8	23.1
500—999	798	15.5%	596 929	3.5%	17.0	12.6
1 000—1 499	695	13.5%	815 932	4.8%	18.7	11.4
1 500—1 999	537	10.5%	918 583	5.4%	19.9	10.8
2 000—2 499	276	5.4%	639 238	3.7%	21.1	13.4
2 500—2 999	391	7.6%	1 055 414	6.2%	22.1	9.1
3 000—3 999	279	5.4%	958 695	5.6%	22.6	11.1
4 000—4 999	656	12.8%	2 890 678	16.9%	23.9	8.0
5 000—5 999	332	6.5%	1 796 228	10.5%	25.0	9.0
6 000—6 999	222	4.3%	1 454 390	8.5%	25.1	6.9
7 000—7 999	49	1.0%	357 163	2.1%	24.2	6.7
8 000—8 999	263	5.1%	2 203 933	12.9%	24.7	4.9
9 000—9 999	84	1.6%	784 383	4.6%	24.6	5.7
10 000—11 999	45	0.9%	482 624	2.8%	24.8	3.1
12 000 +	147	2.9%	1 996 896	11.7%	24.3	1.8
Grand Total	5 137	100%	17 061 589	100%	20.9	10.7

表 6 普通水域航行集装箱船舶技术状况^[8]
Table 6. Technological parameters of container ships on normal passages

规模/TEU	长度/m	吃水/m	总吨位	净吨位	载重吨	发电机型号	马力	航速
1 005	161.85	8	13 300	7 347	17 420	8S50MC Mk4	13 970	18.2
1 560	183.2	10.12	16 705	9 118	23 952	6S60MC6	16 680	19.1
2 000	174.36	11.87	24 046	11 511	31 969	6S70MC6	22 921	19.8
2 550	210	11.5	26 626	12 715	34 169	7RTA72U-B	29 909	21
3 100	220.32	10.5	35 881	15 130	41 189	7K80MC-C6.1	35 717	22
3 500	276.52	12.02	48 237	17 752	46 636	10L80MC Mk3	41 597	24
4 050	259.8	12.6	39 941	24 458	50 148	8K90MC-C6	49 642	24.5
4 500	294.1	13.5	53 400	31 805	49 988	8RTA96C-B	58 852	24.5
5 029	294.15	13.65	54 605	33 465	65 974	8RTA96C-B	62 240	25
5 527	276.2	14	66 199	34 052	66 611	10RTA96C-B	74 699	26
6 200	299.5	14.5	74 642	40 098	83 444	10RT-flex96C	77 800	24
6 921	306	14.5	75 579	44 706	83 978	11RT-flex96C	85 546	25
8 650	346.98	14.5	91 560	53 625	103 096	12RTA96C-B	89 564	24
9 658	350.06	15	111 246	55 844	118 987	12RTA96C-B	93 000	25.3
11 388	363	15.5	131 332	59 901	126 520	12K98ME-C7.2	98 152	24.7

件相对成熟,并且已经有了商业货船运输的实例,因此以中欧航线为分析对象,以轴幅式枢纽港航运网络为基础,在两大方面对中欧航线的经济性进行分析:(1)对中欧航线中上海至鹿特丹的北极航线和苏伊士航线间各种运输状况进行经济分析^[3,5]; (2)重新构建中欧航线欧洲端的轴幅式枢纽港,即以卑尔根港为欧洲的枢纽港,对通过上海至鹿特丹的苏伊士航线和上海至卑尔根的北极航线进行经济性比较分析。

4.1 成本模型建立

通过成本法对中欧航线不同航路的航运成本进行分析,建立航运成本模型。根据运输船舶完成中欧航线总的集装箱运输量来考虑航运总成本和航次成本,以航线船队建设总投资为成本设定点进行模型建立,并推导出航次成本模型。

中欧苏伊士运河航路集装箱航运成本由以下几个方面构成:船舶投资成本、燃油料成本、船员工资、运河费、管理费、安保费、船舶备品及消耗品费、港口

费、维修费和保险费^[3,8]。

中欧北极航道航路集装箱航运成本由以下几个方面构成:船舶投资成本、燃油料成本、船员工资、破冰引航费、管理费、船舶备品及消耗品费、港口费、维修费和保险费^[8]。

中欧苏伊士运河航路集装箱航运成本模型为:

$$TC_s = CC_s + OC_s + PC_s + YC_s + MC_s + SC_s + XC_s + HC_s + WC_s + IC_s \quad (1)$$

其中:

s—表示走苏伊士运河航路;

TC_s —在中欧苏伊士运河航线完成年箱运量的船队航运总成本;

CC_s —船队投资总成本;

OC_s —船队年燃油料费,包括燃油和机油;

PC_s —船队年船员总工资;

YC_s —船队年通过苏伊士运河的总费用;

MC_s —船队年管理费总额;

SC_s —船队年通过索马里海域的安保费用;

XC_s —船队年备品和消耗品总费用;

HC_s —船队年港口费用;

WC_s —船队年维修费用;

IC_s —船队年保险费用。

航次成本模型为:

$$VC_s = TC_s \div (2 \times V_s \times FN_s) \quad (2)$$

其中: VC_s —单航次总成本; V_s —单船年来回航次数; FN_s —船队船舶艘数(由年运输量确定)。

每箱运输成本模型:

$$CTEU_s = TC_s \div NTEU_s \quad (3)$$

其中: $CTEU_s$ —平均每单箱运输成本; $NTEU_s$ —航线年箱运量。

中欧北极航道航路集装箱航运成本模型为:

$$TC_a = CC_a + OC_a + PC_a + BC_a + MC_a + XC_a + HC_a + WC_a + IC_a \quad (4)$$

其中:

a—表示走北极航道航路;

TC_a —在北极航线完成年箱运量的船队航运总成本;

CC_a —船队投资总成本;

OC_a —船队年燃油料费,包括燃油和机油;

PC_a —船队年船员总工资;

BC_a —船队年通过北极航道的破冰引航总费用;

MC_a —船队年管理费总额;

XC_a —船队年备品和消耗品总费用;

HC_a —船队年港口费用;

WC_a —船队年维修费用;

IC_a —船队年保险费用。

航次成本模型为:

$$VC_a = TC_a \div (2 \times V_a \times FN_a) \quad (5)$$

其中: VC_a —单航次总成本; V_a —单船年来回航次数; FN_a —船队船舶艘数。

每箱运输成本模型:

$$CTEU_a = TC_a \div NTEU_a \quad (6)$$

其中: $CTEU_a$ —平均每单箱运输成本; $NTEU_a$ —航线年箱运量。

4.2 主要指标和参数计算分析

构成成本的各项费用及参数的计算依据分析如下:

CC —船队投资总成本:船队总投资成本根据不同规模船舶的单船造价确定,同样载箱量的普通船舶造价和北极航道航线的船舶造价不一样,而且船舶造价随时间性变化较大。因此通过分析历年不同规模普通集装箱船价格的变化,分析确定计算所用普通集装箱船舶的造价。冰区适航的加强型船舶价格比同类型和同载箱规模的普通集装箱船舶价格增加15%。船队投资成本中要扣除船队残值,并用动态计算法,分摊到年投资成本费用中,折算年限为25年。因此,平均年投资成本计算模型为:

$CC = (\text{船队造价} - \text{船队残值}) \times CR + \text{船队残值} \times \text{利率}$

其中:残值 = 废船价格 $\times$ 空船重量

OC —船队年燃油料费:包括燃油和机油,燃油和机油主要在航行时消耗,计算模型为:

船队燃油费用 = 船队燃油数量 $\times$ 燃油价格

$$= \left(\sum_{i=1}^k \text{主机耗油率}_i \times \text{航行时间}_i \times \text{主机功率}_i \right) \times \text{燃油价格}$$

船队滑油费用 = $\left(\sum_{i=1}^k \text{主机滑油消耗率}_i \times \text{航行时间}_i \times \text{主机功率}_i \right) \times \text{滑油价格}$

其中: i 表示不同航段时的参数状况, k 表示 k 个不同的航段(由于冰区航行中,不同航段船舶能达到的速度不一样)。

PC —船队年船员总工资:根据船员人数和平均工资计算,其中冰级航行船舶的工资增加10%。

YC_s —船队年通过苏伊士运河的总费用:根据

运河收费费率 and 不同船舶规模进行计算。

IC—船队年保险费用:根据船舶价值比例确定。

BC_a—船队年通过北极航道的破冰引航总费用
(根据俄罗斯北方海航道水域破冰引航收费规则计算确定)。

MC—船队年管理费总额:根据基本运行费用的 5% 计算。

SC_s—船队年通过索马里海域的安保费用:安保费率×年总艘次数。

XC—船队年备品和消耗品总费用:根据工资的 12% 计算。

HC—船队年港口费用:包括停泊费、系解缆费和港口引航费,根据相关费率标准计算。

WC—船队年维修费用:根据船舶价值比例确定。

5 航运成本比较分析

5.1 上海至鹿特丹不同航路成本分析

根据上述模型,对上海至鹿特丹航线走北极航道和走苏伊士运河进行分别计算,计算的主要结果见表 7。为了能够便于比较,计算中假设两条航线都能够承担中欧航线的集装箱运输量,并且假设营运周期相等,从而比较出理想状态的成本情况。

从表 7 可见,虽然北极航道航程短,但实际完成的航行时间仅比走苏伊士运河少了 1.2 d。主要是因为走北极航道船舶需要破冰前行,在冰区航行时

表 7 上海至鹿特丹走不同航道成本比较分析(假设运输量相同)*

Table 7. Cost comparison analysis from Shanghai to Rotterdam through different passages (same volume assumption) *											
单船载箱量/TEU	航道	营运时间/d	运输量/万 TEU	航行距离/海里	单航次时间/d	单航次成本/万美元	单航次油费/万美元	单位集装箱成本/美元	时间节约/d	成本减少	油费减少
1 005	普通航道	350	1 400	10 651	22.5	121.3	83.7	1 340.6	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	1 400	7 870	21.3	116.0	55.1	1 282.2	1.2	4.4%	34.2%
1 560	普通航道	350	1 400	10 651	23.1	155.0	109.4	1 104.1	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	1 400	7 870	21.8	141.0	71.8	1 004.0	1.2	9.1%	34.4%
2 000	普通航道	350	1 400	10 651	23.5	178.7	126.8	993.1	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	1 400	7 870	22.3	159.1	83.1	883.7	1.2	11.0%	34.4%
2 550	普通航道	350	1 400	10 651	24.1	205.5	145.5	895.7	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	1 400	7 870	22.8	179.4	95.1	781.6	1.2	12.7%	34.6%
3 100	普通航道	350	1 400	10 651	23.8	228.7	161.7	819.6	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	1 400	7 870	22.6	197.7	105.9	708.6	1.2	13.5%	34.5%
3 500	普通航道	350	1 400	10 651	24.1	245.1	172.4	778.3	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	1 400	7 870	22.9	210.1	112.5	667.1	1.2	14.3%	34.7%
4 050	普通航道	350	1 400	10 651	23.9	265.2	185.5	727.6	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	1 400	7 870	22.7	226.6	121.3	621.7	1.2	14.6%	34.6%
4 500	普通航道	350	1 400	10 651	24.2	282.3	195.7	697.0	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	1 400	7 870	23.0	239.2	127.2	590.8	1.2	15.2%	35.0%
5 029	普通航道	350	1 400	10 651	24.5	299.1	205.4	660.9	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	1 400	7 870	23.3	253.7	133.8	560.7	1.2	15.2%	34.9%
5 527	普通航道	350	1 400	10 651	24.3	314.7	215.0	632.8	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	1 400	7 870	23.0	266.4	140.0	535.8	1.2	15.3%	34.9%
6 200	普通航道	350	1 400	10 651	24.6	334.6	225.5	599.6	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	1 400	7 870	23.4	283.1	146.6	507.3	1.2	15.4%	35.0%
6 921	普通航道	350	1 400	10 651	25.0	355.3	235.7	570.5	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	1 400	7 870	23.7	301.0	153.2	483.3	1.2	15.3%	35.0%
8 650	普通航道	350	1400	10 651	25.8	398.9	254.5	512.6	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	1 400	7 870	24.6	340.8	165.5	437.9	1.2	14.6%	35.0%
9 658	普通航道	350	1 400	10 651	26.4	424.3	264.5	488.2	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	1 400	7 870	25.1	362.1	170.8	416.7	1.2	14.6%	35.4%
11 388	普通航道	350	1 400	10 651	27.2	463.0	276.5	451.7	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	1 400	7 870	26.0	399.1	178.3	389.4	1.2	13.8%	35.5%

* 北极航线用冰级加强船,航段划分为:冰区需破冰距离 1 348.5 海里,冰区无需破冰距离 444.5 海里,其他无冰区航段;设定航速为无冰区航段平均 22 海里,冰区不破冰航速平均 18 海里,破冰区平均 9 海里。进一步分析,若航路上运输规模发生变化,对走北极航道成本变化的影响,见表 8。可以看到,北极航路上总箱运量减少,对航次成本降低的影响变化不大,航次成本和燃油的减少量有缩小,但不大,变化在一个百分点左右

表 8 上海至鹿特丹走不同航道成本比较分析(运输量不同)*

Table 8. Cost comparision analysis from Shanghai to Rotterdam through different passages (different volume assumption)*											
单船载 箱量/TEU	航道	营运 时间/d	运输量/ 万 TEU	航行距离/ 海里	单航次 时间/d	单航次 成本/万 美元	单航次 油费/万 美元	单位集装 箱成本/ 美元	时间 节约/d	成本 减少	油费 减少
1 005	普通航道	350	1 000	10 651	22.5	121.3	83.7	1341.2	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	400	7 870	21.0	113.8	55.6	1258.8	1.5	6.2%	33.6%
1 560	普通航道	350	1 000	10 651	23.1	155.2	109.6	1105.7	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	400	7 870	21.6	139.0	72.5	990.4	1.5	10.5%	33.9%
2 000	普通航道	350	1 000	10 651	23.5	178.9	126.9	994.2	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	400	7 870	22.0	156.7	83.7	871.1	1.5	12.4%	34.1%
2 550	普通航道	350	1 000	10 651	24.1	205.5	145.5	895.7	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	400	7 870	22.6	178.1	96.3	776.2	1.5	13.3%	33.8%
3 100	普通航道	350	1 000	10 651	23.8	229.3	162.1	821.9	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	400	7 870	22.4	196.0	106.9	702.6	1.5	14.5%	34.1%
3 500	普通航道	350	1 000	10 651	24.1	244.8	172.1	777.3	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	400	7 870	22.7	210.0	114.4	666.9	1.5	14.2%	33.5%
4 050	普通航道	350	1 000	10 651	23.9	265.4	185.6	728.2	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	400	7 870	22.5	225.6	122.8	619.4	1.5	15.0%	33.8%
4 500	普通航道	350	1 000	10 651	24.2	281.5	195.1	695.3	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	400	7 870	22.7	240.3	129.8	593.6	1.5	14.6%	33.5%
5 029	普通航道	350	1 000	10 651	24.5	299.1	205.4	660.9	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	400	7 870	23.1	255.1	136.7	563.7	1.5	14.7%	33.5%
5 527	普通航道	350	1 000	10 651	24.3	314.7	214.9	632.8	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	400	7870	22.8	266.4	142.1	536.1	1.5	15.3%	33.9%
6 200	普通航道	350	1 000	10 651	24.6	335.9	226.4	602.3	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	400	7 870	23.1	284.0	149.3	509.2	1.5	15.4%	34.1%
6 921	普通航道	350	1 000	10 651	25.0	355.2	235.7	570.5	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	400	7 870	23.5	303.8	156.8	488.4	1.5	14.5%	33.5%
8 650	普通航道	350	1 000	10 651	25.8	398.9	254.5	512.6	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	400	7870	24.4	339.5	167.1	436.2	1.5	14.9%	34.3%
9 658	普通航道	350	1 000	10 651	26.4	423.5	264.0	487.4	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	400	7 870	24.9	361.5	172.8	416.6	1.5	14.6%	34.5%
11 388	普通航道	350	1 000	10 651	27.2	460.3	274.8	449.2	0.0	0.0%	0.0%
	北极航道	350	400	7 870	25.8	398.0	180.2	389.1	1.5	13.5%	34.4%

* 北极航线用冰级加强船,航段划分为:冰区需破冰距离 1 348.5 海里,冰区无需破冰距离 444.5 海里,其他无冰区航段;设定航速为无冰区航段航速 22 海里、冰区不破冰航速平均 18 海里、破冰区平均 9 海里

速度很低,达不到集装箱船设计的航行速度,从而延长了航行的时间。因此按目前的融冰状况,北极航道航行在时间上并没有很大的优势。从成本上看,走北极航道航次成本降低约 10% 以上,在各类规模船型中,5 000 TEU 左右的船舶降低成本效果最好,达 15% 多。走北极航道最大的优势是燃油成本降低较多,从各类型船来看,降幅达 35% 左右。因此,在北极冰没有完全消融之前,走北极航道虽然时间上优势不大,但减少燃油消耗具有绝对优势,总成本减少则在其次。

5.2 上海至欧洲不同枢纽港成本分析

根据前面轴辐式枢纽港运输网络分析,在上海至欧洲的北极航线上,可将挪威的卑尔根港作为欧

洲端的轴辐式枢纽港,并将其与走苏伊士航线时鹿特丹港为欧洲端轴辐式枢纽港作比较,按上述模型进行计算,结果见表 9。

从结果来看,北极航道卑尔根枢纽港模式所用时间减少了 2.5 d,其中大型船的航次成本节约了 20% 左右,而燃油成本减少了近 40%。而卑尔根港和鹿特丹港到欧洲其他港口的平均距离相近,因此未来北极航线上,卑尔根港将成为一个重要的集装箱枢纽港。

6 结论和建议

根据北极航道通航环境,结合中欧航运贸易的

表 9 上海至欧洲走不同航道在不同枢纽港中转成本比较分析
Table 9. Cost comparision analysis in two hub-spoke harbor networks

单船载箱量/TEU	航道	营运时间/d	运输量/万 TEU	航行距离/海里	单航次时间/d	单航次成本/万美元	单航次油费/万美元	单位集装箱成本/美元	时间节约/d	成本减少	油费减少
1 005	鹿特丹 N	350	1 000	10 651	22.5	121.3	83.7	1 341.2	0.0	0.0%	0.0%
	卑尔根 A	350	400	7 340	20.0	108.5	51.2	1 199.5	2.5	10.6%	38.9%
1 560	鹿特丹 N	350	1 000	10 651	23.1	155.2	109.6	1 105.7	0.0	0.0%	0.0%
	卑尔根 A	350	400	7 340	20.5	132.3	66.9	942.9	2.5	14.8%	38.9%
2 000	鹿特丹 N	350	1 000	10 651	23.5	178.9	126.9	994.2	0.0	0.0%	0.0%
	卑尔根 A	350	400	7 340	21.0	149.3	77.4	829.6	2.5	16.6%	39.0%
2 550	鹿特丹 N	350	1 000	10 651	24.1	205.5	145.5	895.7	0.0	0.0%	0.0%
	卑尔根 A	350	400	7 340	21.5	169.0	88.8	736.6	2.5	17.8%	38.9%
3 100	鹿特丹 N	350	1 000	10 651	23.8	229.3	162.1	821.9	0.0	0.0%	0.0%
	卑尔根 A	350	400	7 340	21.3	186.1	98.7	667.1	2.5	18.8%	39.1%
3 500	鹿特丹 N	350	1 000	10 651	24.1	244.8	172.1	777.3	0.0	0.0%	0.0%
	卑尔根 A	350	400	7 340	21.6	198.3	105.1	629.5	2.5	19.0%	39.0%
4 050	鹿特丹 N	350	1 000	10 651	23.9	265.4	185.6	728.2	0.0	0.0%	0.0%
	卑尔根 A	350	400	7 340	21.4	214.4	113.6	588.4	2.5	19.2%	38.8%
4 500	鹿特丹 N	350	1 000	10 651	24.2	281.5	195.1	695.3	0.0	0.0%	0.0%
	卑尔根 A	350	400	7 340	21.7	227.3	119.5	561.3	2.5	19.3%	38.8%
5 029	鹿特丹 N	350	1 000	10 651	24.5	299.1	205.4	660.9	0.0	0.0%	0.0%
	卑尔根 A	350	400	7 340	22.0	239.9	125.1	530.2	2.5	19.8%	39.1%
5 527	鹿特丹 N	350	1 000	10 651	24.3	314.7	214.9	632.8	0.0	0.0%	0.0%
	卑尔根 A	350	400	7 340	21.7	249.1	129.3	501.4	2.5	20.8%	39.8%
6 200	鹿特丹 N	350	1 000	10 651	24.6	335.9	226.4	602.3	0.0	0.0%	0.0%
	卑尔根 A	350	400	7 340	22.1	269.7	138.0	483.5	2.5	19.7%	39.1%
6 921	鹿特丹 N	350	1 000	10 651	25.0	355.2	235.7	570.5	0.0	0.0%	0.0%
	卑尔根 A	350	400	7 340	22.4	287.3	144.2	461.9	2.5	19.1%	38.8%
8 650	鹿特丹 N	350	1000	10 651	25.8	398.9	254.5	512.6	0.0	0.0%	0.0%
	卑尔根 A	350	400	7 340	23.3	326.9	156.3	420.0	2.5	18.1%	38.6%
9 658	鹿特丹 N	350	1 000	10 651	26.4	423.5	264.0	487.4	0.0	0.0%	0.0%
	卑尔根 A	350	400	7 340	23.8	347.1	161.0	400.1	2.5	18.0%	39.0%
11 388	鹿特丹 N	350	1 000	10 651	27.2	460.3	274.8	449.2	0.0	0.0%	0.0%
	卑尔根 A	350	400	7 340	24.7	380.5	166.9	372.0	2.5	17.3%	39.3%

鹿特丹 N—走苏伊士运河并以鹿特丹为欧洲枢纽港;卑尔根 A—走北极航道并以卑尔根为欧洲枢纽港;北极航线用冰级加强船,航段划分为:冰区需破冰距离 1 348.5 海里,冰区无需破冰距离 444.5 海里,其他无冰区航段;设定航速为无冰区航段平均 22 海里、冰区不破冰航速平均 18 海里、破冰区平均 9 海里

特点和集装箱航运网络的构造,从北极冰情和对北极航行船舶的要求出发,对北极航道的航运技术经济和集装箱航运网络构造进行了研究,并得出了如下结论。

(1) 全球集装箱运输历年呈增长态势,在三大集装箱航运贸易航线中,远东到欧洲的贸易量最为引人关注,是三大航线中单向运量最大的航线。而远东至欧洲的西行航线上,中国为起点的货运量占了 70% 多,2013 年中欧航线贸易量达到了 1 320 万 TEU,中国出口至欧洲就近 1 000 万 TEU。为此,中国在这一航线上扮演了重要的角色,北极航线的开通对中国与欧洲间的贸易有着重要影响,巨大的中欧两端集装箱贸易量将为北极航线的集装箱运输商

业价值奠定更加雄厚的基础。

(2) 通过对中欧航线走北极航道航路和走苏伊士运河航路的时间和成本对比分析,由于北极东北航道需要相当长距离的破冰航行,航行速度较低,因此完成全程的航行时间优势不大,仅缩短 1 d 多时间。而各类型集装箱船走北极东北航道的航次成本比走苏伊士运河要低,主要船型的航次成本低 10% 以上,其中 5 000 TEU 左右的船舶降低成本效果最好,降低达 15% 多。走北极航道最大的优势是燃油成本降低较多,各类型船降幅达 35% 左右。因此,在北极冰没有完全消融之前,走北极航道虽然时间上优势不大,但减少燃油消耗具有绝对优势,其次为总成本减少。另外,航线上总体箱运量的变化对单

航次时间和成本影响不大。

(3) 在北极航线集装箱航运网络构造中,最为适合的是轴辐式枢纽港网络形态(hub and spoke port)。根据轴辐式的基本运作形态,结合亚欧航线的特点,目前亚洲轴辐式枢纽港以上海港为代表,欧洲轴辐式枢纽港为鹿特丹港。根据北极航线的位置特点,欧洲可以建设新的轴辐式枢纽港,使北极航道具备更强的竞争优势,其中离北极航线较近,且离鹿特丹只有 530 海里的卑尔根港将是较好的比选

对象。

在欧洲建设新的轴辐式枢纽港对北极东北航道的竞争力提高有很大的帮助。若以挪威卑尔根为建设目标,则北极航道的时间和成本竞争力将提高,时间上将减少 1 d 多,中大型船的航次成本节约 20% 左右,而燃油成本减少近 40%。因此,卑尔根港将成为提高北极航线竞争力的一个重要集装箱枢纽港,使北极航道更具集装箱运输潜力。

参考文献

- 1 Perovich D, Gerland S, Hendricks S, et al. Sea Ice. Arctic Report Card; Update for 2013. http://www.arctic.noaa.gov/reportcard/sea_ice.html.
- 2 Dekker N, Damas P, Heaney S, et al. Container Forecaster. Drewry Maritime Research, 2013, Quarter 4: 05—97. http://www.drewry.co.uk/publications/view_publication.php?id=312.
- 3 王杰, 范文博. 基于中欧航线的北极航道经济性分析. 太平洋学报, 2011, (4): 72—77.
- 4 王成金, DuCruet C. 现代集装箱港口体系演进理论与实证. 地理研究, 2011, 30(3): 397—410.
- 5 王宇强, 寿建敏. 航经“东北航道”的中—欧航线设计及经济性分析. 航海技术, 2013, (2): 21—23, 24.
- 6 宋巍. 国际海事组织极地航行规则的发展历程. 中国海事, 2013, (9): 56—59.
- 7 许运秀. 冰区航行船舶规范标准的发展. 中国船检, 2010, (9): 38—40.
- 8 冯远, 寿建敏. 北极东北航道集装箱船型论证. 特区经济, 2014, (3): 79—80.

POTENTIAL FOR CONTAINER TRANSPORT THROUGH THE ARCTIC NORTHERN SEA ROUTE

Shou Jianmin, Feng Yuan

(Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China)

Abstract

This study analyzed the technical requirements and potential economy of ships navigating the northern sea route through the Arctic. The development of a container-shipping network through the Northeast Passage was considered based on an analysis of container trade volume between China and Europe. The scheme for analyzing the economics of the technical requirements necessary for shipping to use the Northeast Passage in the Arctic was established, and the model for the analysis of shipping costs constructed. The cost of container transportation via the Northeast Passage was compared with the Suez Canal by varying the size of the container ships. Based on the assumption that Bergen in Norway would act as a hub-spoke harbor, it was concluded that the construction of such a facility in Europe would increase the comparative power of the Arctic passage. It was concluded that under current navigational environments, voyage time through the Arctic passage would not be reduced much in comparison with the passage through the Suez Canal, but voyage costs would be reduced by 10% and fuel consumption reduced by about 35%.

Key words Arctic passage, container transport, harbor, cost analysis, shipping route