

# 渤海海峡跨海通道客货流量预测分析

孙东琪<sup>1</sup>, 陆大道<sup>1</sup>, 王振波<sup>1</sup>, 徐建斌<sup>2</sup>, 申晓燕<sup>3</sup>, 王茜茜<sup>3</sup>,  
王泽东<sup>3</sup>, 孙仲超<sup>3</sup>, 孙峰华<sup>4</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2 中山大学地理科学与规划学院, 广州 510275;  
3. 鲁东大学资源与环境工程学院, 烟台 264025; 4. 鲁东大学环渤海发展研究院, 烟台 264025)

**摘要:** 在搜集整理1990-2015年26年的相关统计年鉴数据和实际调查数据的基础上, 选取26项指标, 以经济地理学和交通地理学原理为指导, 以区域人口、经济、城镇化发展趋势为轴线, 对未来渤海海峡跨海通道(Bohai Strait Cross-sea Channel, BSCC)潜在的客、货、车流量进行预测。预测涉及省区、全国和世界(国际贸易)三个层面和高、中、低三种方案。由于预测的时间长(2017-2050年), 设定7个特征年份。本文借助EXCEL、SPSS、ArcGIS、MATLAB R2011b等技术平台, 采用时间序列曲线估算法、建立客货流量指数模型、建立GRNN模型、交通可达性研究等多种方法有机结合进行预测; 并在预测基础上进行以下分析: ① 2020-2050年BSCC客货流量结构及发展趋势; ② 2020-2050年BSCC客、货、车流量结构及发展趋势; ③ 2020-2050年BSCC客货运输承载力; ④ BSCC建设的可行性与不可行性; ⑤ 未来BSCC建设的经济效益。预测结果表明: 2050年以前建成BSCC, 将会出现“特大工程特大亏损”的状况。在这种情况下, 还将对BSCC的海运产生颠覆性影响, 其损失将是巨大的。2040年以前完全没有必要建设BSCC, 即使是2050年, 其建设与否, 也应该根据2050年前后社会经济发展的实际情况而定。

**关键词:** 渤海海峡跨海通道; 客货流量; 预测分析; 时间序列曲线估算法; 客货流量指数模型; GRNN模型; 交通可达性

DOI: 10.11821/dlxb201708012

## 1 引言

近年来, 在国家重大工程建设方面, “渤海海峡跨海通道(Bohai Strait Cross-sea Channel, BSCC)建设”无疑是其中的焦点之一, 引起了社会的广泛关注。具体表现为: ① 举办各种研讨会; ② 许多媒体宣传报道; ③ 全国人大政协代表多次提案, 六次上全国人大政协两会; ④ 引起党和政府的高度重视等。关于其研究至今也有20多年的历史, 大致可分为三个阶段: ① 研究启动阶段(1990-1994年)。BSCC建设的构想引起了国家高层的关注, 国务院发展研究中心成立了“渤海海峡跨海通道研究”课题组<sup>[1]</sup>。② 理论研究阶段(1995-2007年)。以国务院发展研究中心、鲁东大学环渤海发展研究院等单

收稿日期: 2017-01-16; 修订日期: 2017-05-09

**基金项目:** 中国科学院院士咨询项目(Y6R60090FE); 国家自然科学基金项目(41171096); 国家社会科学基金特别委托项目(2007@ZH005); 国家软科学重大项目(2700ZXQ4D166) [Foundation: Academician Consultation Project of CAS, No.Y6R60090FE; National Natural Sciences Foundation of China, No.41171096; National Social Science Foundation of China, No.2007@ZH005; The National Soft Science Research Program, No.2700ZXQ4D166]

**作者简介:** 孙东琪(1985-), 男, 山东单县人, 助理研究员, 中国地理学会会员(S110009101M), 主要研究方向为经济地理与区域发展。E-mail: sundq@igsnnr.ac.cn

**通讯作者:** 陆大道(1940-), 中国科学院院士, 研究员。E-mail: ludd@igsnnr.ac.cn

1486-1507 页

位的研究成果为主<sup>[2]</sup>。③ 战略规划研究阶段(2008年-)。中国工程院院士李坪于2008年10月8日给当时的温家宝总理写了《关于尽快兴建渤海海峡跨海通道的建议》,温总理于11月8日批转当时的李克强副总理阅示,转国家发展和改革委员会(简称国家发改委),由国家发改委牵头成立了“渤海海峡跨海通道战略规划研究项目组”。2012年1月,中国工程院、国家自然科学基金委员会设立“渤海海峡跨海通道战略规划研究”重点咨询项目,并由中国工程院牵头成立了课题组,于2014年9月完成了《渤海海峡跨海通道战略规划研究总报告》<sup>[2]</sup>。

BSCC建设是一项世界级的超巨型工程,投资建设的成本巨大。中国科学院院士陆大道2008年根据当时的物价和建设铁路通道的工程量,结合国外跨海通道建设的经验<sup>[3]</sup>,初步估算成本应在2000亿元以上<sup>[4]</sup>。国家发改委牵头于2012年2月完成的《渤海海峡跨海通道战略规划研究总报告》中,估算公铁通道建设约需6861亿元。中国工程院牵头于2014年9月完成的《渤海海峡跨海通道战略规划研究总报告》中,估算铁路通道建设约需2600亿元。2017年,陆大道院士课题组在呈送给国务院《渤海海峡隧道工程建设必要性分析与建议》的咨询报告中指出,以国外跨海通道(英吉利海峡隧道、日本青函隧道)为参照系,根据BSCC的长度,以及所处地段的海洋、地形、地质、地震、水文、气象、生态等诸多因素的复杂性和脆弱性,考虑到建成的通道的耐久性、运营的安全性、配套设施的完善性和现在物价的变化趋势,按上下行铁路隧道建设,估计整个造价将超过4000亿元,加上东北地区和华内华北、华东地区相关铁路和高速公路系统原有设施的改造衔接,综合估算需投资约5000亿元。

以全国2015年的国内生产总值(Gross Domestic Product, GDP)(676708亿元)和财政收入(152217亿元)为参照系,也就是说,每1000亿元的财政收入,需要相应的GDP 4445.68亿元。上述各种跨海通道建设方案的投资,若折合成财政收入,其占整个财政收入的比重以及所需相应的GDP占整个GDP的比重(表1)。

表1 渤海跨海通道建设投资占2015年财政收入的比重和所需相应的GDP

Tab. 1 Proportion of BSCC construction investment in fiscal revenue of 2015 and corresponding GDP required

跨海通达建设方案	工程投资额(亿元)	占全国财政收入的比重(%)	所需相应的GDP(亿元)	占全国GDP的比重(%)
方案1(铁路隧道) <sup>①</sup>	2000	1.3139	8891.36	1.31
方案2(公铁复合隧道) <sup>②</sup>	6861	4.5074	30230.62	4.47
方案3(铁路隧道) <sup>③</sup>	2600	1.7081	11558.77	1.71
方案4(铁路隧道) <sup>④</sup>	4000	2.6278	17782.72	2.63
方案5(铁路隧道) <sup>⑤</sup>	5000	3.2848	22228.40	3.28

注:① 2008年陆大道院士在“渤海海峡跨海通道建设高层论坛”上的主题报告;② 国家发改委课题组:《渤海海峡跨海通道战略规划研究总报告》(2012);③ 中国工程院课题组:《渤海海峡跨海通道战略规划研究总报告》(2014);④-⑤ 中国科学院学部咨询研究项目《渤海海峡隧道建设的社会经济意义研究》(2016)。

表1所示,无论哪种方案,投入都是巨大的。综合各种因素,本文认为建设铁路通道投资应在4000亿元以上,如果按照国家发改委2012年2月完成的《渤海海峡跨海通道战略规划研究总报告》中的一种规划方案,通道建成公铁复合通道(上层公路双向8车道;下层铁路双向2车道),估算其工程造价将不低于7000亿元。

对于如此巨大的资金投入,不禁思考:BSCC的建设是否真的能带来积极的社会经济效应?很显然,答案是未知的。孙东琪、陆大道等曾对国外跨海通道建设的空间社会经济效应进行了详细地综述<sup>[5]</sup>,认为跨海通道建设对区域发展具有重要的社会经济意义,

主要表现在通道建设往往形成新的区域经济增长轴<sup>[6]</sup>、改变区域空间网络<sup>[7]</sup>、促进产业的跨界联系<sup>[8]</sup>、改变城市发展方向和新区的快速崛起<sup>[9]</sup>等。但其建设和后续影响却具有积极和消极的双重特征,如多数研究都过高地估计了政府之间的合作,或者低估了行政壁垒以及经济本身具有的交通之外的其他联系功能,因此,由跨海通道带来的所谓“跨界的区域融合”以及“地区迅速发展”在今天部分成为纸上谈兵<sup>[9]</sup>。Button也指出,建立在投入—产出预测分析基础上的跨海通道空间效应研究过于简单,其结果往往是乐观的<sup>[10]</sup>,但实际情况却是预测支撑系统偏于乐观,预测值远大于实际交通量,是交通量几倍。就英法海峡隧道运营的整体社会经济效益看,不仅效益不高,而其带动的发展亦不多。更有学者认为“就是建造了一座桥,而不是建造了一个区域”<sup>[11]</sup>。因此,在跨海通道规划建设之初,应对其各项社会经济效应进行充分的论证,不仅要论证其效应的积极方面,更应重视其可能产生的消极影响<sup>[5]</sup>。

综观国内外巨大的桥隧大通道工程,许多处于亏损状态,如英吉利海峡隧道连年亏损<sup>[5]</sup>,日本青函隧道被称为“特大工程特大亏损”<sup>[12]</sup>,中国杭州湾跨海大桥、青岛胶州湾跨海大桥和胶州湾海底隧道等,有的亏损严重<sup>[13-14]</sup>,有的效益甚微。究其原因,即是通道的实际年客、货流量远低于“可行性分析报告”中预测的理论流量。出现这种情况的主要原因有两个:首先是预测的不准确,其次是缺乏不可行性分析预测。由于预测时受当时的社会经济等多种环境因素的影响,对于BSCC建设抱有过高的经济效益期望值,以至于得出的结果过于乐观,与目前通过BSCC的客、货流量的客观现实偏差较大。

在中国经济发展逐步进入新常态的大背景下,本文以经济、人口、城市化发展变化的预测为轴线,结合与客、货流量相关的多种主要因素进行分析预测,相对于之前的预测研究主要有两点完善:①引入了不可行性分析预测的视角;②利用统计数据与调研数据相结合数据源进行研究。将主要解决以下4个问题:①预测2017-2050年BSCC的客、货流量;②预测2017-2050年通过BSCC的客、货流量的运输结构;③预测2017-2050年BSCC客货运输承载力;④根据预测结果,结合目前烟台和大连之间的现有的综合运输设计能力,分析、判断、预测BSCC建设的可行性与不可行性。

## 2 数据来源与预测方法

### 2.1 数据来源

本文所需数据主要来源于(暂不包括港、澳、台):①1991-2016年中国统计年鉴;②1991-2016年31个省市区统计年鉴;③1991-2016年中国交通年鉴;④中国2010年人口普查资料;⑤2015年全国及31个省市区国民经济和社会发展统计公报;⑥烟台、大连二市实地考察调研数据资料。

### 2.2 预测方法

前期预测研究表明<sup>[1]</sup>,未来全国31省市区之间的客、货流量的不断增加,直接原因主要是区域经济的发展,而BSCC的建设并不是主要原因。BSCC的建设主要影响某些省区的客、货流量流向,并不影响区域潜在的客、货流量。因此,在不考虑BSCC建设这一前提下,通过测算区域交通可达性及节约的时间成本,开展预测研究。由于预测的时间长(2017-2050年甚至更长时间),各指标的性质和发展演化规律不同,因此在预测中所使用的方法也不同。在科学、经典、简便的原则指导下,所采用的具体预测方法如下:

**2.2.1 时间序列曲线估算法** 该方法是基于随机过程理论和数理统计学的动态数据处理的统计方法,通过研究随机数据序列所遵从的统计规律来解决实际问题,是进行长期预测



的经典方法。前期预测研究表明,对全国和31个省市所选择的26个预测指标(详见后文的指标选取),即使同一个指标,在不同的省市发展差异性很大。选取同一个时间序列曲线估算模型,对不同省市的同一个指标进行模拟仿真,其结果是对某些省市拟合度很高,而对其他省市拟合度很低。因此,就出现了对全国和31个省市的同一个指标的预测,需要2~3种时间序列曲线估算模型才能完成。因此,通过预测实验,选取了6种时间序列曲线估算模型,对全国和31个省市的26项预测指标进行多次模拟仿真,选取拟合度最高的一种或两种叠加模型,作为相应预测指标的预测模型(图1)。由于区域多指标多,而每个区域所涉及的预测模型繁多,不再一一列出。

**2.2.2 建立客货流量指数模型** 两个区域之间的客、货流量,深受两区域相关因素规模大小的影响,在此引入两个新理念“输入相关因素客、货流密度”和“输出相关因素客、货流密度”。输入(输出)相关因素客、货流密度,即一个区域输入(输出)客、货流量除以相关因素,其单位视相关因素单位而确定。如输入(输出)人口客、货流密度,即一个区域输入(输出)客、货流量除以单位人口,其单位分别为万人/万人、万t/万人。

重力模型是综合模型方法中的一种,是计量区域之间客、货流量的一种经典方法。根据重力模型原理<sup>[5]</sup>,某省区与另一省区的输入(输出)相关因素客、货流密度的乘积,除以该两省区之间的距离的 $b$ 次方,得到该两省区之间的输入(输出)相关因素客、货流引力。某省区与全国其他所有省区之间的输入(输出)相关因素客、货流引力分别除以该省区与全国其他所有省区之间的输入(输出)相关因素客、货流引力之和,得到该省区与全国其他所有省区之间的输入(输出)相关因素客、货流量指数,模型为:

$$r_{f_i-i}^{I(E)} = \frac{d_{f_i-i} d_{f_j-j}}{s_{ij}^\delta} \bigg/ \sum_{j=1}^n \frac{d_{f_i-i} d_{f_j-j}}{s_{ij}^\delta}, \quad i=1,2,3,\dots,n; \quad j=1,2,3,\dots,n \quad (1)$$

式中:  $r_{f_i-i}^{I(E)}$  为输入(输出)相关因素客、货流量指数;  $I$  表示输入;  $E$  表示输出;  $f$  表示相关因素;  $\lambda$  表示不同的相关因素 ( $\lambda=14$ , 前14项指标);  $i$  表示某省区;  $d_i$  为  $i$  省区的输入(输出)相关因素客、货流密度;  $d_j$  为  $j$  省区的输入(输出)相关因素客、货流密度;  $j$  表示某省区;  $s_{ij}$  为  $i$  省区与  $j$  省区首府之间的铁路或公路距离 ( $i \neq j$ , 即  $i, j$  不能同时表示某一省区);  $\delta$  为度量铁路或公路距离的摩擦性系数;  $n$  为样本数。

基本重力模型在此处的应用有明显不足,当两区域之间的距离接近零或过大时,区间客、货流量严重失真,解决这一问题的方法是通过调整度量距离摩擦性系数  $\delta$  进行修正。美国国土面积和中国相当,中国现在的经济水平大致相当于美国20世纪50年代的情况,根据美国20世纪50年代的经验,所计算的  $\delta$  值在0.5~3.0之间,且距离越大,采用的  $\delta$  值越高<sup>[16]</sup>。依据美国的经验,结合中国的实际和前期对山东省的调查验证情况,把物流量指数模型中的  $s_{ij}$  (km),以500 km距离单元作为级差,与  $\delta$  建立11个对应关系,即:

$s_{ij} \leq 500$  ( $\delta = 0.5$ ), ...,  $5000 \leq s_{ij}$  ( $\delta = 3.0$ )。以此,对上述相关模型进行修正。

两省区之间的输入(输出)相关因素客、货流量综合指数,其模型为:

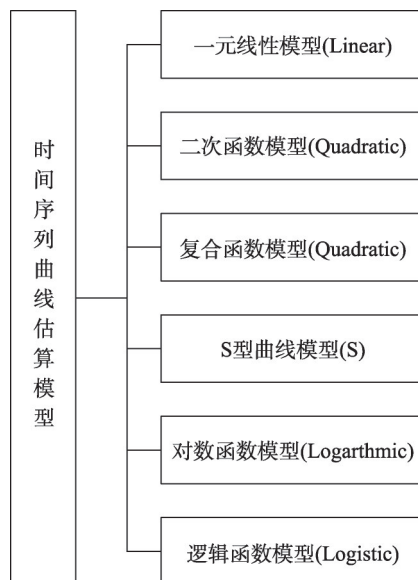


图1 时间序列曲线估算模型

Fig. 1 Time series curve estimation model

$$R_{f_{i-kh}}^{I(E)} = 1/\lambda \sum_{f=1}^{\lambda} r_{f_{i-kh}}^{I(E)} \quad (2)$$

根据预测的2016-2050年的数据,利用客、货流量指数模型,即可计算出各年的相关区域的输入(输出)客、货流量指数。计算区域之间的客、货流量时大多计算区域输出量<sup>[17-19]</sup>,因此仅计算输出客、货流量指数 $R_{f_{i-kh}}^E$ 即可。为了兼顾所涉及的客、货流量数据都能方便使用,在此仅计算公路(铁路)输入客、货流量指数 $R_{f_{ij-k(h)}}^{I(g(t))}$ 。

用该省区与其他省区之间的公路(铁路)输入客、货流量指数 $R_{f_{ij-k(h)}}^{I(g(t))}$  ( $\sum R_{f_{ij-k(h)}}^{I(g(t))} = 1$ ),分别乘以该省区公路(铁路)输入客、货流量,得到其他各个省区输入到该省区的客、货流量。计算结果得到每两个省区之间的相向( $\rightleftharpoons$ )的输入客(货)流量之和,就是两个省区之间的公路(铁路)客(货)流量。公路与铁路客(货)流量叠加在一起,即得到省区之间的陆路客(货)流量,也即客(货)运量。

上面仅计算出各个省区之间的客货流量,真正通过BSCC潜在的客、货流量必须进行以下计算:①利用ArcGIS 10.2,计算BSCC建设引发的区域交通可达性的变化而导致各省区节省的不同时间成本及其所覆盖的区域面积;②计算各省区节省的不同时间成本所覆盖的区域面积占各个相应省区面积的比例( $u$ );③在考虑到人口、经济、城镇化率、客货流量等多种因素的基础上,参考前期对山东客货流量抽样调查验证的情况,设定各省区节省的不同时间成本所覆盖的区域通过BSCC的客、货流量比率( $v$ )。 $i$ 省区通过BSCC输入到其他相应省区的客(货)流量模型为:

$$A_i^{k(h)} = L_{i-g(t)}^{I-k(h)} \sum_{\alpha=1}^n u_{\alpha} v_{\alpha} \quad (3)$$

式中: $A_i^{k(h)}$ 为 $i$ 省区通过BSCC输入到其他相应省区的客(货)流量; $L_{ij-g(t)}^{I-k(h)}$ 为 $i$ 省区输入到 $j$ 省区的总客(货)流量; $\alpha$ 为 $i$ 省区因BSCC建设节约的时间成本类型数。最终计算出通过BSCC的客流量、货流量。

**2.2.3 建立GRNN模型** 时间序列曲线估算法的优点是受人的主观因素影响较小,结果比较客观,但是对数据的要求比较高,往往丢失一些信息。GRNN模型其网络最后收敛于集聚较多的优化回归面,并且在样本数据

缺乏时,预测效果也比较好,因此弥补了时间序列曲线估算法丢失一些信息的不足。鉴于此,借助MATLAB R2011b平台的GRNN模块,建立广义回归神经网络结构模型<sup>[20-21]</sup>,对上述各省区的客(货)流量预测结果进行二次预测验证,用以确保预测结果的可靠性。GRNN结构模型如图2所示。本文所选取的26项指标中,1~16项指标影响着客、货流量,作为GRNN网络输入因素;17~26项指标为预测项,作为GRNN网络输出因素。

GRNN模型的计算原理:GRNN的理论基础是非线性回归分析,设随机变量 $x$ 、 $y$ 的联合概率密度函数为 $f(x,y)$ ,已知 $x$ 的观测值为 $X$ ,则 $y$ 相对于 $X$ 的回归,即条件均值为:

$$\hat{Y} = E(y/X) = \int_{-\infty}^{\infty} y f(X,y) dy / \int_{-\infty}^{\infty} f(X,y) dy \quad (6)$$

式中: $\hat{Y}$ 即为在输入 $X$ 的条件下 $Y$ 的预测输出。应用Parzen非参数估计,可由样本数据集 $\{x_i, y_i\}_{i=1}^n$ ,估算密度函数 $\hat{f}(X,y)$ :

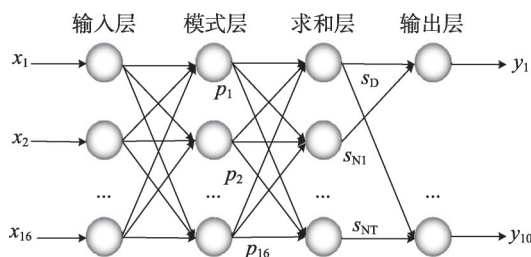


图2 GRNN结构模型

Fig. 2 GRNN structure model

$$\hat{f}(X, y) = \frac{1}{n(2\pi)^{\frac{p+1}{2}} \sigma^{p+1}} \sum_{i=1}^n \exp\left[-\frac{(X-X_i)^T(X-X_i)}{2\sigma^2}\right] \exp\left[-\frac{(X-Y_i)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (7)$$

式中:  $X_i$ 、 $Y_i$ 分别表示随机变量  $X$ 、 $Y$ 的样本观测值;  $n$ 为样本容量;  $p$ 为随机变量  $x$ 的维数;  $\sigma$ 为光滑因子。用  $\hat{f}(X, y)$  代替  $f(X, y)$  带入公式 (1), 并交换积分与加和的顺序:

$$\hat{Y}(X) = \frac{\sum_{i=1}^n \exp\left[-\frac{(X-X_i)^T(X-X_i)}{2\sigma^2}\right] \int_{-\infty}^{\infty} y \exp\left[-\frac{(Y-Y_i)^2}{2\sigma^2}\right] dy}{\sum_{i=1}^n \exp\left[-\frac{(X-X_i)^T(X-X_i)}{2\sigma^2}\right] \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left[-\frac{(Y-Y_i)^2}{2\sigma^2}\right] dy} \quad (8)$$

由于  $\int_{-\infty}^{\infty} z e^{-z^2} dz = 0$ , 对公式 (3) 进行计算后可得网络的输出  $\hat{Y}(X)$  为:

$$\hat{Y}(X) = \sum_{i=1}^n Y_i \exp\left[-\frac{(X-X_i)^T(X-X_i)}{2\sigma^2}\right] / \sum_{i=1}^n \exp\left[-\frac{(X-X_i)^T(X-X_i)}{2\sigma^2}\right] \quad (9)$$

**2.2.4 可达性研究方法** 基于2005年和2014年全国交通路网矢量数据, 借助ArcGIS空间分析平台, 先后采用Dijkstra(迪杰斯特拉)单源和多源最短路径算法分别生成无固定出口交通和有固定出口交通的全国城市通达性图层, 得出考虑多种交通方式的全国城市可达时间分布图。具体步骤如下:

(1) 栅格成本计算。将所有道路分为两类: 一类是无固定出口道路, 包括国道、省道、县道; 另一类是有固定出口交通, 包括高铁和高铁站、普通铁路和火车站、高速公路和出入口。根据《中国道路交通安全法》和《中国道路交通安全法实施条例》规定的各类道路类型的限制通行速度, 确定各类道路的通行时间成本(表2)。

表2 各种道路类型的通行时间代价

Tab. 2 Passing time cost of various road types

道路类型	单位像元时间代价 (无量纲)	等价通行 速度(km/h)
高铁	1.00	300
普通铁路	2.00	120
高速公路	3.00	100
国道	3.75	80
省道	5.00	60
县道	7.50	40
海运和内河航运	8.00	20
无道路地区	100.00	3

按照以上时间成本, 分别将2005年和2014年的各类道路矢量图层栅格化。为保证高速铁路、普通铁路、高速公路等有固定出口道路的独立性, 将非出口类型像元与高铁、铁路、高速公路像元之间的通行时间成本设为无穷大, 以约束在此类交通线路通行过程中只能在相应的出口与其他道路图层发生联系。

(2) Dijkstra最短路径计算。Dijkstra最短路径算法的主要特点是以起始点为中心向外层层扩展, 直到扩展到终点为止, 最终发现交通网络系统节点之间的最短路径。本研究借鉴ArcGIS空间分析平台的Dijkstra计算模块<sup>[22]</sup>, 对2005年和2014年全国两期交通网络数据进行编程处理, 最终得到BSCC建成前后的全国城市综合通达指数, 寻找出BSCC建设对区域交通可达性发展变化规律的影响, 为计算BSCC客(货)运量提供科学依据。

### 3 预测释义

中国的人口数量、经济基础、城镇化水平是推动中国社会经济发展的三大引擎, 他们的发展变化直接决定着客、货流量的变化。因此, 本文以此三大要素为基础, 以经济发展为轴线开展预测。对人口数量、经济基础(GDP)、城镇化水平的预测, 在参照权威

预测的基础上开展预测<sup>[23-35]</sup>。

3.1 选取预测相关指标

按照科学性、系统性、简单性、代表性、突出研究主题性的原则，本文选取 26 项指标，对 2017-2050 年 BSCC 的客、货流量进行预测分析，26 项指标如表 3 所示。

表 3 26 项指标  
Tab. 3 26 indexes

序号	指标名称	指标单位	序号	指标名称	指标单位
1	人口	万人	14	商品销售总额	亿元
2	GDP	亿元	15	铁路营业里程	km
3	第一产业	亿元	16	公路通车里程	km
4	第二产业	亿元	17	客运总量	万人
5	第三产业	亿元	18	铁路客运量	万人
6	城镇化率	%	19	公路客运量	万人
7	省区首府城市之间的公路里程	km	20	水运客运量	万人
8	省区首府城市之间的铁路里程	km	21	民航客运量	万人
9	按经营单位所在地分货物进出口总额	万美元	22	货运总量	万 t
10	按境内目的地和货源地分货物进出口总额	万美元	23	铁路货运量	万 t
11	邮政业务总量	亿元	24	公路货运量	万 t
12	电信业务总量	亿元	25	水运货运量	万 t
13	商品购进总额	亿元	26	民航货邮运量	万 t

3.2 预测涉及的层面范围

交通网络是一个有机的系统，某区域交通网络线路的改变，将会影响到该区域、全国乃至全球交通网络功能的变化。因此，BSCC 客、货流量的预测研究，涉及三个区域层面：① 省区层面：BSCC 直接连接的山东、辽宁二省区（主要是 BSCC 连接的山东半岛和辽东半岛上的两个桥头堡烟台和大连二市）；② 国家层面：31 个省市区（暂不包括港、澳、台）；③ 国际层面（考虑对外经济贸易的影响）。

3.3 指标预测的三种方案设置原则

本文预测对所有预测指标均设为高、中、低三种方案。前期研究表明<sup>[1]</sup>，从目前到 2050 年，除人口以外的其他指标均与 GDP、城镇化的发展成正相关，城镇化的发展对经济发展有巨大的拉动作用，但其也深受经济发展的影响。因此，人口以外的其他指标三种方案设置的原则是均以 GDP 的三种方案为基础通过相关分析计算获得。

3.4 人口预测的三种方案设置

人口指标的高、中、低三种方案在参照权威机构和专家预测的基础上，分别以时间序列 Logistic 曲线估算的预测值和上下限误差值代替。

3.5 经济(GDP)预测的三种方案设置

中国的资源、能源逐渐减少、环境污染依然严重，已经不可能支撑经济持续过高速增长。预测研究表明，2015-2030 年是中国城市化率快速增长时期，将达到 70.12%，此后将逐渐变缓。同时，中国总人口将达到最大值 14.45 亿，成为人口下降的拐点，人口红利消耗殆尽。根据目前中国的经济发展状况，结合中国的人口、城市化、资源、能源、环境发展情况，可以断定，2017-2050 年中国经济总量不断增加，而其增长率总体趋势将逐渐下降。尤其是 2030 年之后，利用 1990-2015 年连续 26 年的 GDP 增长率数据进行



线性回归估算,增长率较低,2050年不会超过4.5%。基于上述情况,2017-2050年,中国经济的发展可分为两个阶段进行预测估算:第一阶段2017-2030年;第二阶段2031-2050年。借助SPSS20.0,通过Linear、Quadratic、Compound、Logistic四种曲线估计模型,分别进行仿真模拟,根据模拟结果,选择拟合度最好的用以确定2017-2050年GDP发展的中方案,其上下限误差值分别作为高方案和低方案。

### 3.6 特征年份设置与数据的省略

设定2020年、2025年、2030年、2035年、2040年、2045年、2050年为7个特征年份,其预测的结果完全可以很好的反映出BSCC 2017-2050年客、货流量的结构及其发展趋势。由于预测的时间跨度大(2017-2050年),涉及3万多条原始数据,处理120多万条数据,限于文章篇幅,许多重要数据均被省略,特在此说明。

### 3.7 BSCC建设对区域交通可达性的影响是预测的基础

运用Dijkstra最短路径方法分别计算BSCC建成前后中国城市的可达性指数(图3)。从全国范围来看,BSCC建成前全国城市的平均可达性指数,即所有城市到全国任意栅格的平均时间成本为2263 min,变异系数为0.417;建成后全国城市的平均可达性指数为2254 min,变异系数为0.416。可以看出,BSCC的建成将全国城市的平均出行时间成本降低了9 min,但城市出行成本的变异系数并没有显著变化,表明BSCC对城市出行成本的改善只限于局部地区。

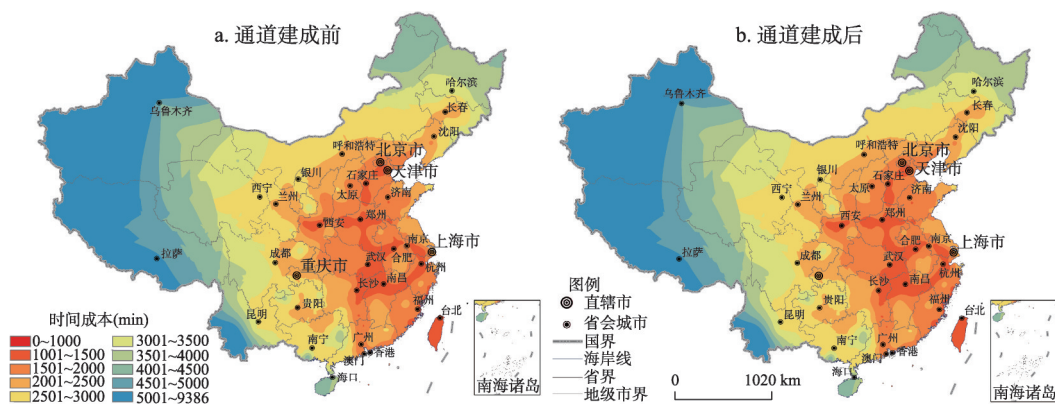


图3 渤海海峡跨海通道建成前后的全国可达性指数格局

Fig. 3 National accessibility exponent pattern diagram before and after the construction of BSCC

将BSCC建成前后的全国城市可达性指数相减,得到跨海通道的影响范围(图4)。结果显示,跨海通道建成后,全国55.78%的地级以上城市可达性指数得以改善,平均降低时间成本16 min,尽管如此,但这对距离BSCC 100 km以外的地区而言是微不足道的,尤其是公路运输更是如此。BSCC建成后,全国城市的交通可达性格局基本上没有改变(图3,图4)。对交通可达性影响主要波及东北三省、山东省及长江三角洲等区域,但对交通可达性影响最大的地区,仅限于辽东半岛的南部和山东半岛区域,这是本文预测的基础。

## 4 BSCC客货流量现状与预测结果分析

### 4.1 BSCC客货流量现状

2015年BSCC的客、货流量(运量)并不仅仅是由BSCC的两个桥头堡烟台和大连



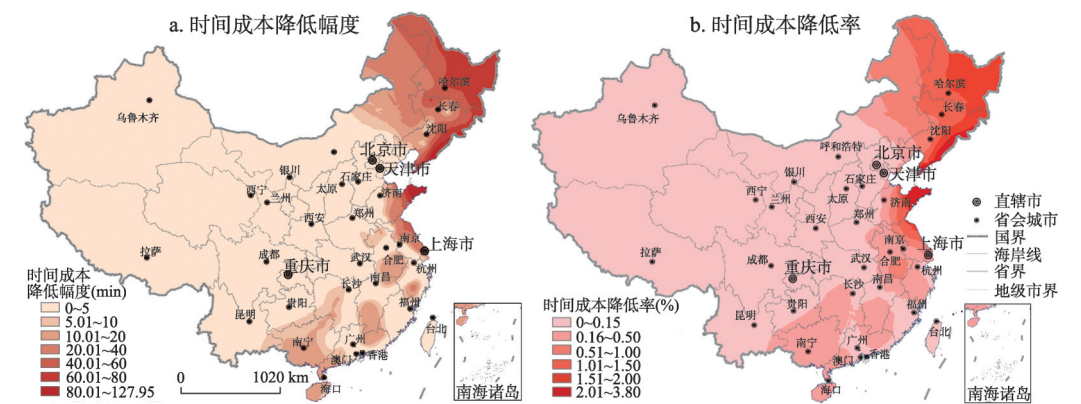


图4 BSCC的城市时间成本降低幅度与降低率格局

Fig. 4 Time cost reduction magnitude and reduction rate pattern diagram of BSCC

二市所决定的，它是在山东辽宁二省、全国、乃至世界人口、经济、城市化发展的大背景下形成的。

2010年以来，随着区域经济发展速度的减缓，环渤海烟大航线无论是客运量、货运量还是车运量，增长率总体趋势也相应减缓，有的甚至连续出现负增长（表4，表5）。由此可以断定，渤海海峡跨海通道客、货、车流量的多少，最直接的原因不是因为修建

表4 2010-2015年环渤海烟大航线运量统计

Tab. 4 Volume statistics around Bohai, Yantai-Dalian Route during 2010-2015

年份	客运量(万人)	货运量(万t)	滚装车(万辆)	甩挂车(万辆)	民航客运量(万人)	民航货运量(万t)
2010年	516.07	7845.48	83.87	1.00	11.76	51.80
2011年	562.12	8510.45	89.88	1.20	8.79	15.70
2012年	526.37	9642.54	86.52	1.50	11.05	13.40
2013年	489.03	9456.71	91.79	1.70	14.05	17.30
2014年	479.73	9390.39	99.03	2.48	13.71	3.30
2015年	448.74	10083.38	100.12	2.51	15.61	0.50

注：① 滚装车包括甩挂车；② 民航客、货运量仅指烟台和大连机场的客、货运量。

数据来源：① 大连市发改委；② 大连市统计局；③ 大连市港口与口岸局；④ 大连港股份有限公司；⑤ 烟台市交通运输局；⑥ 烟台市统计局；⑦ 烟台市港航管理局；⑧ 中铁渤海铁路轮渡有限责任公司。

表5 2010-2015年环渤海烟大航线客货车运量与区域经济增长率

Tab. 5 Passenger, cargo and traffic flow volume and regional economic growth rate around Bohai, Yantai-Dalian Route during 2010-2015

年份	客运量 增长率(%)	货运量 增长率(%)	滚装车 增长率(%)	民航货运量 增长率(%)	山东GDP 增长率(%)	辽宁GDP 增长率(%)	全国GDP 增长率(%)
2010年	0.08	0.76	5.67	0.38	12.5	14.1	10.3
2011年	0.09	0.085	6.01	-0.70	10.9	12.1	9.2
2012年	-0.06	0.133	-3.36	-0.15	9.8	9.5	7.8
2013年	-0.07	-0.019	5.27	0.29	9.6	8.7	7.7
2014年	-0.02	-0.007	7.24	-0.81	8.7	5.8	7.4
2015年	-0.06	0.074	1.09	-0.85	8.0	3.0	6.9

注：民航货运量增长率仅指烟台大连机场货运量增长率。

跨海通道，而是区域经济的发展。BSCC 直接连接山东半岛和辽东半岛，腹地范围广大。烟台市和大连市作为烟大航线两端的关键节点，发挥着重要的桥头堡作用。

目前BSCC的桥头堡烟台与大连共有10个码头进行滚装作业，常年经营烟台至大连航线海上运输的船舶公司有4家，分别是渤海轮渡股份有限公司、中海客轮有限公司、中铁渤海铁路轮渡有限责任公司、大连航运集团有限公司，共拥有船舶21艘，车道线长37405 m，总吨位443681 t，客位26532个，平均每日往返航班40班次（表6）。

表6 2015年烟大航线运输工具及运输能力  
Tab. 6 Yantai-Dalian Route transportation facility and capacity

船舶公司	船舶数量(艘)	船籍数量(艘)	总吨位(t)	客位(人)
渤海轮渡股份有限公司	7	烟台港(7)	184387	4732
中海客轮有限公司	6	大连港(6)	121744	11488
中铁渤海铁路轮渡有限责任公司	3	烟台港(3)	74990	8736
大连航运集团有限公司	5	大连港(4),烟台港(1)	62560	1576
合计	21	大连(10),烟台(11)	443681	26532

注：数据来源为烟台市港航管理局。

据统计，2015年烟台—大连航线客运量448.74万人（含民航客运量15.61万人），货运量10083.00万t（含民航货运量0.50万t），过海滚装车100.12万辆（含甩挂车2.51万辆），过海铁路货车1587列、各类汽车62552辆。其中客运量占烟台大连二市、山东辽宁二省、全国客运量的比例分别为2.47%、0.31%、0.02%；货运量占烟台大连二市、山东辽宁二省、全国货运量的比例分别为16.00%、2.12%、0.24%。BSCC烟台—大连航线客、货运量所占的比例并不大（表7）。

表7 2015年烟大海运航线客、货运量占的比率  
Tab. 7 Percentage of passenger and cargo volume of Yantai-Dalian Route

区域	客运总量(万人)	烟大航线占比(%)	货运总量(万t)	烟大航线占比(%)
烟大海运航线	448.74	100.00	10083.00	100.00
大连+烟台	18200	2.47	63000	16.00
山东+辽宁	146000	0.31	475000	2.12
全国	1943000	0.02	4171000	0.24

注：数据来源为：① 2016年中国统计年鉴、山东统计年鉴、辽宁统计年鉴；② 烟台市港航管理局。

调研表明，按照目前环渤海烟大航线船舶、飞机的进出港班次，目前的海运客运量仅占实际运输能力的30%左右；海运货运量仅占实际运输能力的50%左右；民航客运量仅占实际运输能力的70%左右；民航货运量仅占实际运输能力的65%左右；中铁渤海铁路轮渡铁路货车运量仅占实际运输能力的65%左右。由此可见，环渤海烟大航线还有很大的运输能力没有得到发挥。

4.2 2020-2050年BSCC客货流量结构及发展趋势

在不考虑BSCC建设的前提下（根据客货流量通过的不同路径所节约的不同时间成本进行预测，与BSCC建设与否没有关系），借助Excel 2013、SPSS 22.0、ArcGIS 10.2、采用多种方法集合，对2017-2050年相关区域的客、货运量进行预测。同时，利用MATLAB R2011b技术平台，通过建立GRNN模型，对相关区域的客、货运量进行二次

预测（数据量过大，仅列出 GRNN 模型预测的中方案结果，如表 8 GRNN 值所示。），两次预测的结果有一定的差距，但相关区域客、货运量的时空格局基本没有变化。根据 2010-2015 年烟大航线的实际客、货、车运输状况（表 5、表 6），可以断定第一次预测结果比较客观实际，可信度高，其预测结果如表 9 所示。

预测结果表明，2020-2050 年，BSCC，高方案，客流量由 1939 万人增加到 13727 万人；货流量由 12903 万 t 增加到 19882 万 t。中方案，客流量由 1645 万人增加到 12468 万人；货流量由 11817 万 t 增加到 17628 万 t。低方案，客流量由 1305 万人增加到 11234 万人；货流量由 11016 万 t 增加到 15647 万 t。客、货流量总体趋势不断增加，2050 年高方案比中方案，客流量高出 1259 万人，货流量高出 2254 万 t；低方案比中方案，客流量减少 1234 万人，货流量减少 1981 万 t。

2020-2050 年，中方案 BSCC 的铁路、公路、水路、民航客、货流量如表 9 所示（高、低方案略）。预测结果表明，中方案 2020-2050 年，铁路客流量由 406 万人增加到 3990 万人，货流量由 1485 万 t 增加到 3695 万 t；公路客流量由 527 万人增加到 6645 万人，货流量由 9226 万 t 增加到 10275 万 t；水路客流量由 422 万人增加到 632 万人，货流量由 1083 万 t 增加到 3372 万 t；民航客流量由 289 万人增加到 1200 万人，货流量由 23 万 t 增加

表 8 BSCC 特征年份的客货流量  
Tab. 8 Passenger and cargo volume in characteristic year of BSCC

类别\年份		2020 年	2025 年	2030 年	2035 年	2040 年	2045 年	2050 年
客流量 (万人)	高方案	1939	3936	6841	9835	12002	13220	13727
	中方案	1645	2895	4737	7022	9324	11209	12468
	(GRNN 值)	2279	4123	7346	10347	13727	14886	15024
	低方案	1305	2220	3597	5441	7556	9596	11234
货流量 (万 t)	高方案	12903	14167	15431	16696	17960	18955	19882
	中方案	11817	12834	13850	14867	15883	16772	17628
	(GRNN 值)	12775	13978	15570	16351	17221	19179	20967
	低方案	11016	11847	12677	13507	14338	15012	15647

表 9 中方案 BSCC 4 种运输方式的客货流量  
Tab. 9 Passenger and cargo volume of four means of transportation of BSCC in medium program

类别\年份		2020 年	2025 年	2030 年	2035 年	2040 年	2045 年	2050 年
客流量 (万人)	合计	1645	2895	4737	7022	9324	11209	12468
	铁路	406	1008	1434	2214	2918	3371	3990
	公路	527	1167	2223	3388	4764	6111	6645
	水路	422	293	480	631	690	662	632
	民航	289	427	600	789	953	1064	1200
货流量 (万 t)	合计	11817	12834	13850	14867	15883	16772	17628
	铁路	1485	1843	2321	2785	3003	3220	3695
	公路	9226	9504	9728	9859	10068	10282	10275
	水路	1083	1433	1694	2046	2576	2997	3372
	民航	23	53	107	177	236	272	286

注：民航客货流量仅指烟台与大连之间的民航客货流量。

到286万t。

2020-2050年，中方案通过BSCC的客、货流量结构及其发展趋势如表10所示（高、低方案略）。预测结果表明，BSCC，2020-2050年，中方案，客流总量不断增加，2020年铁路、公路、水路、民航客流量占客流总量的比例分别是24.68%、32.04%、25.65%、17.57%；到2050年则分别为32.00%、53.30%、5.07%、9.63%。铁路、公路客流量占的比例总体趋势升高，公路客流量占的比例最大。水路、民航客流量占的比例较小，铁路、公路客流量增长率逐渐升高，水路、民航客流量增长率逐渐降低。2020-2050年，货流总量不断增加，2020年铁路、公路、水路、民航货流量占客流总量的比例分别是12.57%、78.07%、9.16%、0.20%，到2050年则分别为20.96%、58.29%、19.13%、1.62%。公路货流量增长率逐渐降低，铁路、水路、民航货流量增长率逐渐升高。

4.3 2020-2050年BSCC客、货、车流量结构及发展趋势

如果建设BSCC，通过BSCC的客、货、车流量，主要来自于铁路、公路的客、货、车流量。2020-2050年，中方案通过BSCC的客、货、车流量如表11所示（高、低方案

表 10 中方案BSCC 4种运输方式的客货流量占的比例(%)

Tab. 10 Percentage of passenger and cargo volume of four means of transportation of BSCC in medium program (%)

类别\年份		2020年	2025年	2030年	2035年	2040年	2045年	2050年
客流量 (万人)	合计	100	100	100	100	100	100	100
	铁路	24.68	34.82	30.27	31.53	31.30	30.07	32.00
	公路	32.04	40.31	46.93	48.25	51.09	54.52	53.30
	水路	25.65	10.12	10.13	8.99	7.40	5.91	5.07
	民航	17.57	14.75	12.67	11.24	10.22	9.49	9.63
货流量 (万t)	合计	100	100	100	100	100	100	100
	铁路	12.57	14.36	16.76	18.72	18.91	19.20	20.96
	公路	78.07	74.05	70.24	66.27	63.39	61.31	58.29
	水路	9.16	11.17	12.23	13.76	16.22	17.87	19.13
	民航	0.20	0.41	0.77	1.19	1.48	1.62	1.62

表 11 中方案通过BSCC的客货车流量

Tab. 11 Passenger, cargo and traffic flow passing through BSCC in medium program

类别\年份		2020年	2025年	2030年	2035年	2040年	2045年	2050年
公路+铁路客流量(万人)		933	2175	3657	5602	7682	9482	10635
公路+铁路货流量(万t)		10711	11347	12049	12644	13071	13502	13970
铁路	客流量(万人)	406	1008	1434	2214	2918	3371	3990
	货流量(万t)	1485	1843	2321	2785	3003	3220	3695
	大宗货物(万t)	267	331	423	570	624	674	763
	普通货物(万t)	1117	1387	1734	2008	2147	2290	2593
	集装箱货物(万t)	101	125	163	207	233	256	339
公路	客流量(万人)	527	1167	2223	3388	4764	6111	6645
	货流量(万t)	9107	9302	9396	9491	9786	10080	10275
	小客车(辆/日)	506	882	1932	10688	19960	26717	39373
	大客车(辆/日)	230	402	773	1519	1770	2369	1939
	普通货车(辆/日)	2342	2522	3718	5610	6685	7516	9360
	集装箱货车(辆/日)	527	568	656	821	946	1045	1326
	折算标准小客车(辆/日)	5615	10341	17176	26122	37177	50341	64557



略)。2020-2050年,中方案铁路和公路(不包括水路和民航)通过BSCC的客、货流量不断增加,客流量由933万人增加到10635万人;货流量由10711万t增加到13970万t。公路客、货流量均居第一位,所占的公、铁路客、货总流量比例,2020年分别为56.48%、85.03%,2050年分别为62.48%、73.56%。在铁路运输中,普通货物居第一位;其次是大宗货物,集装箱货物占得比重最小。在公路运输中,从发展趋势上看,小客车居第一位,其次是普通货车,再次是大客车,集装箱货车占得比重最小。折算成标准小客车,2020-2050年,标准小客车日流量由5615辆增加到64557辆。

4.4 2020-2050年BSCC客货运输承载力分析

在不考虑BSCC建设的基础上,分析2020-2050年BSCC客、货运输承载力的发展变化。十三五期间,环渤海各主要港口、机场都进行了改建扩建规划,尤其是BSCC的两个桥头堡大连市和烟台市,对港口、机场改建扩建的力度很大。

十三五期间,大连市力争建成大连新机场,完成长海机场扩建工程,推进旅顺通用机场、登沙河通用机场、太平湾通用机场、庄河军民合用通航机场建设。推进太平湾港区建设,大窑湾三期、四期工程,大连港庄河港区、长兴岛恒力石化(大连)炼化项目配套30万t原油码头工程及液体散货码头、西中岛石化产业园区配套港口基础设施工程建设。加强邮轮港建设。到2020年,大连港集团将完成吞吐量5亿t,集装箱1300万TEU。

十三五期间,烟台市加快烟台港西港区30万t级航道改造、莱州港区扩建、蓬莱东港区10万t级航道、龙口港招远作业区等重大基础设施建设,到2020年,港口吞吐量达到4亿t,集装箱吞吐量达到310万TEU。进一步完善烟台蓬莱国际机场航线网络布局,开通并加密与全国各主要机场及重要旅游机场航线,合理布局通用航空机场,加快提升通用航空服务水平。到2020年,机场旅客年吞吐量达到1000万人次,货邮15万t。不考虑其他因素,仅大连市、烟台市十三五规划中的港口、机场改建扩建目标得以实现,其BSCC的综合运输能力将会大大提升。根据前期研究成果,结合目前社会经济发展状况,尤其是大连、烟台二市目前所具有的BSCC综合运输基础设施和能力,利用时间序列曲线估算法,对2020-2050年BSCC的运输承载力进行了估测(表12)。

表 12 特征年份BSCC客货运输承载力预测

Tab. 12 Prediction of passenger and cargo transportation bearing capacity in characteristic year

特征年份	综合客运能力(万人)	综合货运能力(万 t)	海运客运能力(万人)	海运货运能力(万 t)
2020 年	3025	14130	2316	13432
2025 年	3347	14734	2897	13683
2030 年	3669	15338	3417	13952
2035 年	3990	15942	3514	14237
2040 年	4312	16546	3621	14539
2045 年	4633	17151	3744	14858
2050 年	4955	17755	3828	15194

4.5 BSCC建设的时间诊断——可行性与不可行性分析

BSCC建设的目的,主要是为了解决东北三省与关内乃至全国其他省区的客、货、车流量过大、交通线路运输压力过大问题,以此促进经济的发展。这种压力是否大?何时大?有待进一步研究。上述研究是在不考虑BSCC建设的前提下进行的。上述预测的客货流量,实际上是一种潜在的客货流量。BSCC的客、货运总量和综合客、货运能力,是铁路、公路、水路、民航4种运输方式功能的叠加,其实,真正需要通过未来要

建设的BSCC的客、货流量,主要是陆路客、货流量,即铁路、公路客、货流量,目前这些客、货流量均由BSCC水路承担。

BSCC能否建设,它是由多种因素所决定的。本研究仅从社会经济发展变化带来的客、货、车流量的变化,探讨BSCC建设的可行性与不可行性,这也是BSCC能否建设的关键问题。BSCC能否建设首先是由通过的客、货、车流量所决定的,如果通过的客、货、车流量达不到通道设计的运输承载力(能力),达不到水路基础设施的运输承载力(能力),通道建设不仅带不来所期望的经济效益,而且会带来巨大的亏损。这种情况在中外重大交通工程上并不罕见。因此,在诊断BSCC能否建设的时间点时,必须牢牢把握客、货、车流量发展变化,BSCC综合运输承载力和水路基础设施运输承载力的发展变化,这是决定BSCC能否建设的基础。为此,结合综合客、货流量高、中、低三种方案以及不包括民航运输的客、货流量高、中、低三种方案预测的结果,从BSCC的综合运输和水路运输承载力两方面分析论证BSCC建设的可行性与不可行性。

2020-2050年,BSCC高、中、低三种方案的综合客流量与综合运输承载力如图5所示,高方案2024年总客流量(3452万人)超过综合运输承载力(3283万人);中方案2027年总客流量(3562万人)超过综合运输承载力(3476万人);低方案2031年总客流量(3932万人)超过综合运输承载力(3733万人)。

2020-2050年,BSCC高、中、低三种方案的综合货流量与综合运输承载力如图6所示。高方案2030年总货流量(15431万t)超过综合运输承载力(15320万t);中方案2042年总货流量(16258万t)超过综合运输承载力(16178万t);低方案2050年总货流量(15647万t)小于综合运输承载力(16498万t)。真正通过未来设想建设的BSCC的主要是陆路客、货、车流量,因此,在不考虑民航综合运输的前提下,以水路(海运)运输为基础,考察未来BSCC客货流量与海运承载力。

2020-2050年,BSCC高、中、低三种方案的综合客流量(不含民航)与海运承载力如图7所示。高方案2024年客流量(2862万人)超过海运承载力(2808万人);中方案2030年客流量(3433万人)超过海运承载力(3206万人);低方案2033年客流

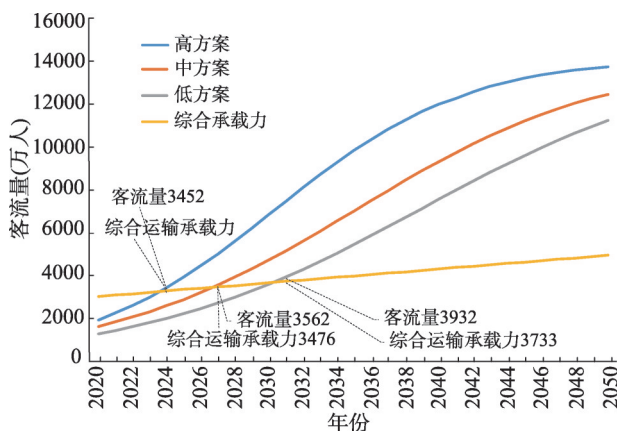


图5 2020-2050年BSCC高、中、低三种方案的综合客流量与综合运输承载力

Fig. 5 Comprehensive passenger flow and transportation bearing capacity in high, medium and low program of BSCC in 2020-2050

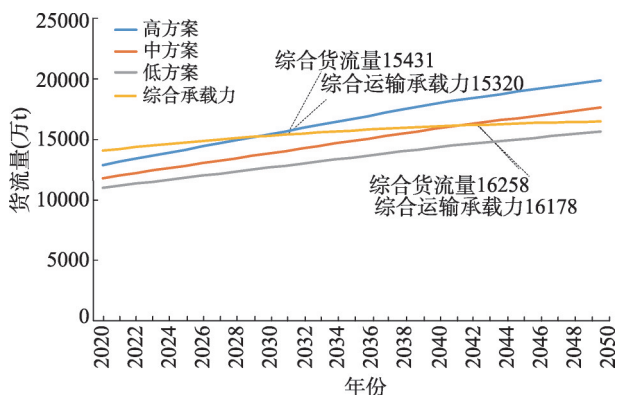


图6 2020-2050年BSCC高、中、低三种方案的综合货流量与综合运输承载力

Fig. 6 Comprehensive cargo flow and transportation bearing capacity in high, medium and low program of BSCC in 2020-2050

量（3494 万人）超过海运承载力（3363 万人）。

2020-2050 年，BSCC 高、中、低三种方案的货流量（不含民航）与海运承载力如图 8 所示，高方案 2024 年货流量（13651 万 t）超过海运承载力（13632 万 t）；中方案 2036 年货流量（14378 万 t）超过海运承载力（14321 万 t）；低方案 2049 年总货流量（15200 万 t）超过海运承载力（15127 万 t）。

根据预测结果，从综合运输和水路运输承载力两方面分析论证 BSCC 建设的可行性与不可行性。2020-2050 年，高、中、低三种方案客货流量超过运输能力的时间如表 13 所示。高方案，从 BSCC 综合运输通道、海运通道两方面的运输能力综合考量，2030 年以前，BSCC 的客运能力完全可以满足社会经济发展所引发的客流量的运输需求，2040 年以前，BSCC 的货运能力基本上能满足货流量的运输需求。

2030 年中国人口达到峰值 14.45 亿，成为人口下降的拐点，到 2050 年总人口为 12.95 亿。2030 年人口红利消耗殆尽，城镇化率增长速度逐渐减缓，GDP 的增长速度也将进一步减缓。此外，预测结果表明，2030 年 GDP 和总货运量增长率相等，为 5.56%；此后，一直到 2050 年，GDP 增长率均大于总货运量的增长率，而

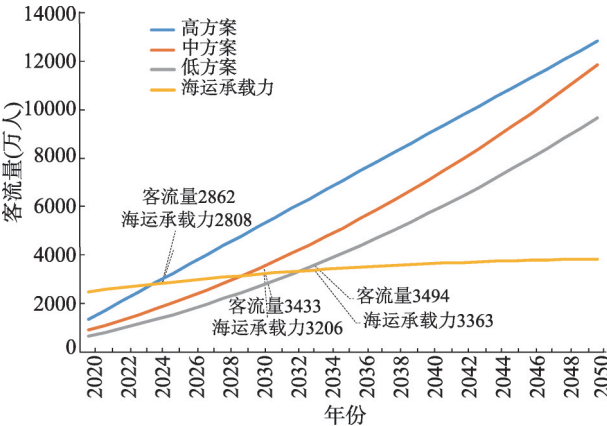


图 7 2020-2050 年 BSCC 高、中、低三种方案的客流量与海运承载力

Fig. 7 Passenger flow and sea transportation bearing capacity in high, medium and low program of BSCC in 2020-2050

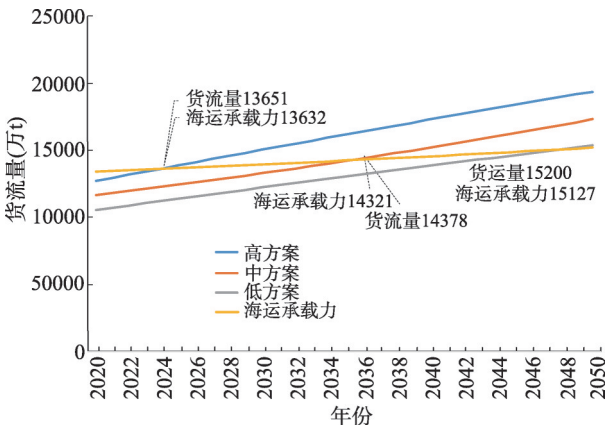


图 8 2020-2050 年 BSCC 高、中、低三种方案货流量与海运承载力

Fig. 8 Cargo flow and sea transportation bearing capacity in high, medium and low program of BSCC in 2020-2050

表 13 高、中、低三种方案客货流量超过运输能力的年份

Tab. 13 Years when the passenger and cargo volume in high, medium and low program exceeds the transportation capacity			
三种方案	运输通道类型	客流量大于运输能力的年份	货流量大于运输能力的年份
高方案	综合运输通道	2024	2030
	海运通道	2024	2024
中方案	综合运输通道	2027	2042
	海运通道	2030	2036
低方案	综合运输通道	2031	2050(小于运力)
	海运通道	2033	2049

且差距越来越大。这说明每增加一个单位的GDP,所需要的货运量将逐渐减少。人口增长率逐渐减小,2030年以后呈负值,人口出现负增长,由此可以粗略估算,2030-2040年,通过10年的客流量增长惯性缓冲,2040年以后,客流量增长的速度会越来越慢。2046年总客运量增长率超过城镇化率增长以后,中方案(正常情景下)将会稳定且缓慢的增长(图9)。

自1978年党的十一届三中全会为起点的改革开放以来,至2015年底,历时37年,BSCC的货运量才突破1亿t,到达10083万t,这说明实际通过BSCC的货运量,并不像某些专家学者估量的数量那么大。2010-2015年,随着经济发展进入新常态,通过BSCC的客运量、货运量、滚装车、民航货运量增长速度明显减缓,都出现了负增长。尤其是客运量,2012-2015年,连续4年负增长。

鉴于这些情况,初步判断,2040年以前,根本没有必要建设BSCC,即使到了2050年,是否需要建设,也要视2050年前后的社会经济发展情况而定。

4.6 未来BSCC建设的经济效益分析

高、中、低三种方案特征年份通过BSCC的客、货、车流量(不包括海运、民航)如表14所示。BSCC建设的设计是从烟台的蓬莱至大连的旅顺,全长125 km。按高处匡算,所有旅客均乘坐高铁一等座通过BSCC,按目前高铁一等座票价计算,其价格为50元(实际不到50元,烟台至即墨北全程168 km,高铁一等坐票价为62元)。根据特征年份的客流量,即可计算出客运量收入。

根据《国家发展改革委关于调整铁路货运价格进一步完善价格形成机制的通知》(发改价格[2015]183号),结合相关预测结果,把整车、零担车、集装箱(TEU)折算成货流量,铁路综合货运基价1为19.45元/t,基价2为0.309 587元/t·km,每年的货运量收费=(基价1+基价2×运距)×货运量/年。

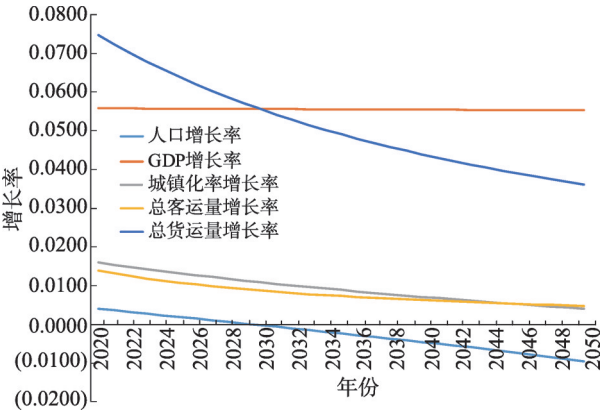


图9 人口、GDP、城镇化率、客运量、货运量增长率的发展趋势

Fig. 9 Development tendency of the population, urbanization rate, passenger volume, cargo volume growth rate

表14 高、中、低三种方案通过BSCC的客、货、车流量

Tab. 14 Passenger, cargo and traffic flow volume in high, medium and low program passing through the BSCC

年份		2020年	2025年	2030年	2035年	2040年	2045年	2050年
高方案	客流量(万人)	1144	3086	5440	8018	9956	11129	11601
	货流量(万 t)	11696	12531	13439	14227	14803	15273	15720
	标准小客车(辆/日)	7546	13966	22206	32268	44149	57852	73375
中方案	客流量(万人)	933	2175	3657	5602	7682	9482	10635
	货流量(万 t)	10711	11347	12049	12644	13071	13502	13970
	标准小客车(辆/日)	5615	10341	17176	26122	37177	50341	64557
低方案	客流量(万人)	724	1619	2732	4338	6210	8130	9543
	货流量(万 t)	9985	10471	11018	11471	11784	12074	12389
	标准小客车(辆/日)	4564	8581	14528	22405	32212	43949	57617

注: 不包括海运、民航运输。



杭州湾跨海大桥全长 36 km, BSCC 全长 125 km。目前, 杭州湾跨海大桥一类车 (标准小客车) 收费 80 元/车·次, 中铁渤海轮渡烟台到大连滚装船一类车 (标准小客车) 收费 500 元/车·次, 烟台港客运站烟台到大连滚装船一类车 (标准小客车) 收费 600 元/车·次。因此, 可以估算, BSCC 建成后, 一类车 (标准小客车) 收费不会超过 280 元/车·次, 因为超过这个价格, 就失去了 BSCC 建设的意义。本次预测按 280 元/车·次计算。

高、中、低三种方案特征年份通过 BSCC 的客、货、车运量收费情况如表 15 所示。从表 15 可以看出, 通过 BSCC 的主要是陆路 (公路、铁路) 客、货、车流量, 其经济收益, 也主要来源于这三个方面, 其他的收益如管线收入、广告收入、以及可能引发的其他各项收入, 相对于 BSCC 建设投资, 都是微不足道的。2020 年高、中、低三种方案的总收入分别为 81.34 亿元、72.61 亿元、66.28 亿元; 到 2050 年, 其收入分别为 223.38 亿元、199.48 亿元、177.84 亿元。

表 15 高、中、低三种方案特征年份 BSCC 的收费(亿元)

Tab. 15 Tolls of BSCC in characteristic years of high, medium and low program (hundred million yuan)

年份		2020 年	2025 年	2030 年	2035 年	2040 年	2045 年	2050 年
高方案	客运收费	5.72	15.43	27.20	40.09	49.78	55.65	58.01
	货运收费	68.01	72.87	78.15	82.73	86.08	88.81	91.41
	标准小客车收费	7.61	14.08	22.38	32.53	44.50	58.31	73.96
	合计	81.34	102.38	127.73	155.35	180.36	202.77	223.38
中方案	客运收费	4.67	10.88	18.29	28.01	38.41	47.41	53.18
	货运收费	62.28	65.98	70.06	73.52	76.01	78.51	81.23
	标准小客车收费	5.66	10.42	17.31	26.33	37.47	50.74	65.07
	合计	72.61	87.28	105.66	127.86	151.89	176.66	199.48
低方案	客运收费	3.62	8.10	13.66	21.69	31.05	40.65	47.72
	货运收费	58.06	60.89	64.07	66.70	68.52	70.21	72.04
	标准小客车收费	4.60	8.65	14.64	22.58	32.47	44.30	58.08
	合计	66.28	77.64	92.37	110.97	132.04	155.16	177.84

如果按照 BSCC 建设投资 2000 亿元和 4000 亿元两种方案计算, 回报期均为 15 年, 年均回报收入则分别为 133 亿元/年、267 亿元/年。实际上 BSCC 建设投资并不仅仅如此, 其基础设施的配套费、BSCC 的维护费、管理人员的工资, 以及一些不可预见的费用等, 会使实际投资大为增加。本文不考虑其他因素, 仅从 BSCC 潜在收入和以上两种方案的投资, 考察 BSCC 建设经济效益。两种方案的投资和高、中、低三种方案的收入发展变化情况如图 10 所示。

从图 10 可以看出, 如果 BSCC 建设投资 2000 亿元, 回报期为 15 年, 年均回报 133 亿元。从高、中、低三种方案的收入可以看出, 高方案 2031 年的收入为 135 亿元, 中方案 2037 年的收入为 137 亿元, 低方案 2041 年的收入为 136 亿元, 均刚刚超过投资年均回报 133 亿元。按照中方案估算, 若 2040 年 BSCC 建成营运, 回报期为 15 年, 年均回报 133 亿, 2041-2050 年, 扣除投资回报, 年均毛收入仅为 44.7 亿元, 和投资 2000 亿元的巨大工程相比, 显然其经济效益是十分低下的。如果 BSCC 建设投资 4000 亿元, 回报期为 15 年, 年均回报 267 亿元。从高、中、低三种方案的收入可以看出, 到 2060 年, 只有高方案的收入才超过投资年均回报, 为 269 亿元。

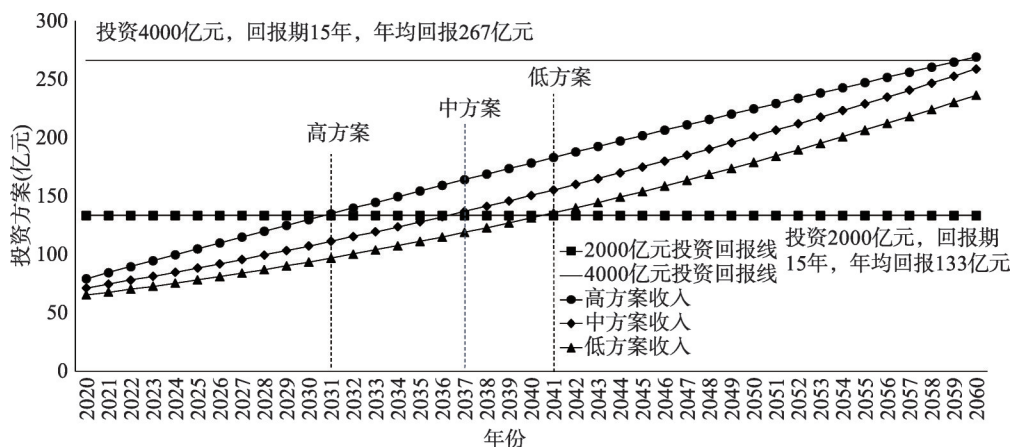


图10 两种方案的投资和高中、低三种方案的收入发展变化情况

Fig. 10 Investment of two programs and revenue development and change relating to high, medium and low program

## 5 结论与建议

### 5.1 结论

(1) 通过万有引力模型的改进型对相关区域的客、货运量进行预测,而后通过建立GRNN模型(广义回归神经网络模型)进行二次预测,用以验证第一次的预测结果。验证结果表明,两次预测的结果有一定的差距,但相关区域客、货运量的时空格局基本上没有明显的变化,说明第一次预测结果具有很高的可信度。

(2) 测算结果表明:① BSCC的建设,对区域交通可达性的影响,并不像过去人们想象的那样大。实际上BSCC的建设,对交通可达性影响最大的地区,仅限于辽东半岛的南部和山东半岛区域。② BSCC建成后,将全国城市的平均出行时间成本降低了9 min,但城市出行成本的变异系数并没有显著变化,说明全国城市的交通可达性的格局根本没有改变。③ BSCC建成后,全国55.78%的地级以上城市可达性指数得以改善,平均降低时间成本16 min,尽管如此,但这对距BSCC 100 km以外的地区而言是微不足道的,尤其是公路运输更是如此。

(3) 2030年中国人口达到峰值14.45亿,成为人口下降的拐点,到2050年总人口为12.95亿。2030-2040年,中方案,随着10年人口减少的惯性缓冲,中国流动人口的增长是十分缓慢的,从而影响到客流量的增长也是非常平稳缓慢的。2030年以后,中国人口将逐渐减少,人口红利消耗殆尽(农民工越来越少),城镇化率增长速度逐渐减缓,GDP的增长速度也将进一步减缓。预测结果表明,2030年GDP和总货运量增长率相等,为5.56%,此后,一直到2050年,GDP增长率均大于总货运量的增长率,而且差距越来越大。这说明随着科学技术的进步,每增加一个单位的GDP,所需要的货运量将逐渐减少。因此,中方案2030-2050年,全国货运量将非常平稳缓慢的增加,这说明未来的客、货运量不会高速增长。

(4) 预测表明,中方案,2020-2050年,BSCC的客流量由933万人增加到10635万人;货流量由10711万t增加到13970万t;标准小客车日流量由5615辆增加到64557辆,即使按照高方案,也不会超过75000辆。

(5) 预测表明,2020-2050年,BSCC的经济收入,高方案由81.34亿元增加到223.38

亿元;中方案由 72.61 亿元增加到 199.48 亿元;低方案由 66.28 亿元增加到 177.84 亿元。如果按照 BSCC 建设投资 2000 亿元和 4000 亿元两种方案计算,回报期均为 15 年,年均回报收入则分别为 133 亿元/年、267 亿元/年。选择第一种投资方案建设 BSCC,若在 2040 年建成投入运营,到 2050 年,扣除年均投入成本,其毛收益年均为 44.7 亿元,经济效益很低,和 2000 亿元的巨额投资十分不相称。如按照第二种方案投入 4000 亿元建设 BSCC,2050 年以前建成,将会出现类似于日本青函隧道“特大工程特大亏损”的状况。在这种情况下,还将对 BSCC 的海运产生颠覆性影响,其损失将是巨大的。

## 5.2 讨论与建议

(1) 一些专家学者及研究机构,曾对 BSCC 未来的客、货、车流量做过预测,总体上看预测的结果过于乐观。之所以如此,主要是对 BSCC 建设只进行可行论证,缺乏不可行性论证,缺乏可行性与不可行性论证的对比分析研究。这种预测研究的最终结果往往脱离客观实际,最终导致工程建设运营后,效益甚微,甚至严重亏损。英法海底隧道自运营以来,其运输量从来未有达到过设计的理论值,以至于连年严重亏损。日本青函隧道被称为“特大工程特大亏损”。中国杭州湾跨海大桥 2008 年 5 月 1 日正式通车。《杭州湾跨海大桥工程可行性研究》报告当时预测 2010 年大桥的车流量有望达到 1867 万辆,但 2010 年实际车流量仅有 1112 万辆,比预期少了 40% 以上。2012 年全年,大桥的实际车流量增加到 1252.44 万辆,仍然不及报告预计的 2008 年通车当年车流量 1415.2 万辆。有关报道称,2016 年 10 月 27 日,杭州湾跨海大桥车流量突破 1 亿辆。看上去是一大喜事,实际上 2008 年 5 月 1 日正式通车至 2016 年 10 月 27 日车流量突破 1 亿辆,整整历时 8.5 年,平均每年车流量仅为 1176.47 万辆(32680 辆/日),仅为 2008 年预测值的 83.13%,显然处于严重亏损状态。这都是可行性论证过于乐观,缺乏不可行性论证的结果。

(2) BSCC 建设,主要影响陆路(公路、铁路)客、货流量,对于其他区域的水运和民航客、货运输影响甚微。通过对 BSCC 未来的客、货运输能力分析,以及客、货、车流量和经济效益分析,2040 年以前完全没有必要建设 BSCC,即使是 2050 年,其建设与否,也应该根据 2050 年前后社会经济实际情况而定。

(3) 渤海是中国一个真正意义上的内陆海,不仅有着丰富的海洋生物资源,还有着丰富的石油、天然气、海盐等矿产资源。不仅如此,渤海作为深入到中国大陆内部的一个大海湾,其水体异常宝贵,对调节华北气候、改善生态环境、保护生物资源的多样性有着不可替代的作用。因此,渤海是中国首都北京海上东大门(渤海海峡)内的一颗璀璨的明珠,在没有可能获得重大经济效益的情况下,不要轻易建设 BSCC,以免干扰破坏渤海和渤海海峡的生态环境系统和生态平衡。

(4) 由于渤海海峡跨海通道建设是一项世界级的巨大工程,投资建设的成本巨大,理论上讲效益也应该巨大,同时风险也巨大。这种风险有自然的(地震、生态等,如 2017 年 3-4 月烟台长岛县海域发生了多次地震),有人为的(管理、技术等),也有地缘政治的(局部战争等)<sup>[2]</sup>。基于此,BSCC 建设一定要汲取国内外世界级大型工程建设的经验和教训,抱着对国家、对人民高度负责的态度,在其研究论证过程中,不仅要进行可行性论证,更为重要的是还要进行不可行性论证,认真研究 BSCC 建设相关的每一个问题,对每一个问题都要搞清楚,在没有把相关问题搞清楚之前,绝不可急功近利草率上马,否则,会带来重大损失。

## 参考文献(References)

- [1] Sun Fenghua, Lu Dadao, Liu Xinhua, et al. Influence of the development of China's logistics on the construction of

- trans-Bohai Strait passageway. *Acta Geographica Sinica*, 2010, 65(12): 1507-1521. [孙峰华, 陆大道, 柳新华, 等. 中国物流发展对渤海海峡跨海通道建设的影响. *地理学报*, 2010, 65(12): 1507-1521.]
- [2] Sun Fenghua, Lu Dadao, Dai Hezhi, et al. The construction of trans-Bohai Strait passageway and its geopolitical strategies of China. *Scientia Geographica Sinica*, 2016, 36(11): 1-10. [孙峰华, 陆大道, 代合治, 等. 渤海海峡跨海通道建设与中国的地缘政治战略. *地理科学*, 2016, 36(11): 1-10.]
- [3] Wei Liqun, et al. *Comparative Researches on the World's Trans-Strait Passages*. Beijing: Social Sciences Academic Press, 2005. [魏礼群, 等. 世界跨海通道比较研究. 北京: 社会科学文献出版社, 2005.]
- [4] Lu Dadao. Some issues pertaining and construction of Bohai Strait Tunnel. *Ludong University Journal (Philosophy and Social Sciences Edition)*, 2009, 26(2): 8-9. [陆大道. 关于渤海海峡跨海通道规划建设的几个问题. *鲁东大学学报(社会科学版)*, 2009, 26(2): 8-9.]
- [5] Sun Dongqi, Lu Dadao, Sun Fenghua et al. Analyzing the impacts of cross-sea channel construction on regional socio-economic development: Implications from abroad experience. *Geographical Research*, 2013, 32(12): 2270-2280. [孙东琪, 陆大道, 孙峰华, 等. 国外跨海通道建设的空间社会经济效应. *地理研究*, 2013, 32(12): 2270-2280.]
- [6] Iversen C, Mogensen B. *Proceedings of the Oresund Link Dredging and Reclamation Conference*. Oresundskonsortiet, Copenhagen, 1999.
- [7] Vikerman R W. Regional science and new transport infrastructure. *The 4th World Congress of the Regional Science Association*, Mallorca, 1992.
- [8] Matthiessen C W. Bridging the resund: Potential regional dynamics: Integration of Copenhagen (Denmark) and Malm-Lund (Sweden) a cross-border project on the European metropolitan level. *Journal of Transport Geography*, 2000, 8(3): 171-180.
- [9] Bunnell T G, Coe N M. Spaces and scales of innovation. *Progress in Human Geography*, 2001, 25(4): 569-589.
- [10] Gabriel P. The conflicting logics of cross-border reterritorialization: Geopolitics of Euroregions in Eastern Europe. *Political Geography*, 2008, 27(4): 418-438.
- [11] Heddebaut O. The binational cities of Dover and Calais and their region. *Geojournal*, 2001, 54: 61-71.
- [12] Chen Hongbin. Fantastic: Japan super engineering large losses. *Shanghai Securities New*, 2008-06-18. [陈鸿斌. 匪夷所思: 日本特大工程特大亏损. *上海证券报*, 2008-06-18.]
- [13] Xiao Xia. Hangzhou Bay cross-sea bridge investment of over ten billion yuan, operating funds for 5 years is still tight. *21st Century Business Herald*, 2013-09-23. [肖夏. 杭州湾跨海大桥投资超百亿元, 通车5年资金仍紧绷. *21世纪经济报道*, 2013-09-23.]
- [14] Jiang Zhenhai, Zou Qiuyi. Income of Jiaozhou Bay Bridge is not enough to pay interest. *Peninsula Metropolis Daily*, 2015-08-18. [姜振海, 邹秋怡. 胶州湾大桥收费不够付利息. *半岛都市报*, 2015-08-18.]
- [15] Hu Siji. *Traffic Transportation*. Beijing: China Communications Press, 2005: 43-44. [胡思继. *交通运输学*. 北京: 人民交通出版社, 2005: 43-44.]
- [16] Yang Wuyang, Zhang Guowu. *Transportation Geography*. Beijing: The Commercial Press, 1986: 28-29. [杨吾杨, 张国伍. *交通运输地理学*. 北京: 商务印书馆, 1986: 28-29.]
- [17] Jin Fengjun. Experimental research on spatial transportation linkage in China. *Acta Geographica Sinica*, 1991, 46(1): 16-25. [金凤君. 我国空间运输联系的实验研究. *地理学报*, 1991, 46(1): 16-25.]
- [18] Zhang Wenchang, Jin Fengjun, Tang Xiufang. Distribution and exchange regularities of spatial transport linkage. *Acta Geographica Sinica*, 1994, 49(6): 490-499. [张文尝, 金凤君, 唐秀芳. 空间运输联系的分布与交流规律研究. *地理学报*, 1994, 49(6): 490-499.]
- [19] Zhang Wenchang, Jin Fengjun, Rong Chaohe, et al. *Spatial Transportation Linkage*. Beijing: China Railway Publishing House, 1992: 73-165. [张文尝, 金凤君, 荣朝和, 等. *空间运输联系*. 北京: 中国铁道出版社, 1992: 73-165.]
- [20] Wen Xin, Li Xin, Zhang Xingwang, et al. *The Application of MATLAB Neural Network*. Beijing: National Defense Industry Press, 2015. [闻新, 李新, 张兴旺, 等. *应用MATLAB实现神经网络*. 北京: 国防工业出版社, 2015.]
- [21] Zhao Chuang, Liu Kai, Li Diansheng. Freight volume forecast based on GRNN. *Journal of the China Railway Society*, 2004, 26(1): 12-16. [赵闯, 刘凯, 李电生. 基于广义回归神经网络的货运量预测. *铁道学报*, 2004, 26(1): 12-16.]
- [22] Wang Zhenbo, Xu Jiangang, Sun Dongqi. The effect of Bohai Sea-crossing passage on the traffic accessibility of eastern coastal area in China. *Journal of Shanghai Jiaotong University*, 2010, 44(6): 807-811. [王振波, 徐建刚, 孙东琪. 渤海海峡跨海通道对中国东部和东北地区交通可达性影响. *上海交通大学学报*, 2010, 44(6): 807-811.]
- [23] Mao Zedong. Speech at the symposium on the issue of socialist transformation of capitalist industry and commerce in 1955//Mao Zedong's Collected Works. Beijing: People's Publishing House, 1999. [毛泽东. 1955年在资本主义工商业



- 社会主义改造问题座谈会上的讲话//毛泽东文集. 北京: 人民出版社, 1999.]
- [24] Hu Angang, Yan Yilong, Wei Xing. China Towards Common Prosperity for 2030. Beijing: China Renmin University Press, 2011. [胡鞍钢, 鄢一龙, 魏星. 2030 中国: 迈向共同富裕. 北京: 中国人民大学出版社, 2011.]
- [25] World Bank, State Council Development Research Center. 2030 China: Construction Modern Harmonious and Creative Society. Beijing: China Financial & Economic Publishing House, 2013. [世界银行, 国务院发展研究中心. 2030 年的中国: 建设现代化和谐有创造力的社会. 北京: 中国财政经济出版社, 2013.]
- [26] Jiang Hongqiang, Liu Nianlei, et al. Research Report on China's Four Regional Environmental Economic Situation Analysis and Forecast (2012-2030). Beijing: China Environmental Science Press, 2013. [蒋洪强, 刘年磊, 等. 2012-2030 年我国四大区域环境经济形势分析与预测研究报告. 北京: 中国环境科学出版社, 2013.]
- [27] British Media Forecast. China beyond American economy in 2021. Reference News, 2014-08-25(3). [英媒预测. 中国经济 2021 年超越美国. 参考消息, 2014-08-25(3).]
- [28] The EIU China Research Team. China urbanization in 2003. China Policy Review, 2014, 19(7): 93-98. [经济学人智库中国研究团队. 2030 年的中国城市化. 中国经济报告, 2014, 19(7): 93-98.]
- [29] National Development and Reform Commission, P. R. China. The Population and Social Development Report 2014. Beijing: National Development and Reform Commission, P. R. China, 2015. [国家发展和改革委员会. 人口和社会发展报告 2014. 北京: 国家发展和改革委员会, 2015.]
- [30] Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat. World Population Prospects: The 2012 Revision. <http://esa.un.org/unpd/wpp/index.htm>.
- [31] Sun Dongqi, Chen Mingxing, Chen Yufu, et al. China's new-type urbanization and investment demand prediction analysis, 2015-2030. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(6): 1025-1044. [孙东琪, 陈明星, 陈玉福, 等. 2015-2030 年中国新型城镇化发展及其资金需求预测. 地理学报, 2016, 71(6): 1025-1044.]
- [32] The State Council. National New Urbanization Plan (2014-2020). Beijing: People's Publishing House, 2014. [国务院. 国家新型城镇化规划(2014-2020 年). 北京: 人民出版社, 2014.]
- [33] The United Nations Development Programme. China National Human Development Report 2013. Beijing: China Translation & Publishing Corporation, 2013. [联合国开发计划署. 2013 中国人类发展报告. 北京: 中国对外翻译出版公司, 2013.]
- [34] Pan Jiahua, Wei Houkai, Shan Qingqing. Blue Book of Cities in China: Annual Report on Urban Development of China No. 8. Beijing: Social Sciences Academic Press, 2015. [潘家华, 魏后凯, 单菁菁. 城市蓝皮书: 中国城市发展报告 No. 8. 北京: 社会科学文献出版社, 2015.]
- [35] The China Development Research Foundation. China Development Report 2010: China's New Urbanization Strategy of Promoting Human Development. Beijing: People's Publishing House, 2010. [中国发展研究基金会. 中国发展报告 2010: 促进人的发展的中国新型城市化战略. 北京: 人民出版社, 2010.]

## Predictive analysis of passenger and goods flow of Bohai Strait Cross-sea Channel

SUN Dongqi<sup>1</sup>, LU Dadao<sup>1</sup>, WANG Zhenbo<sup>1</sup>, XU Jianbin<sup>2</sup>, SHEN Xiaoyan<sup>3</sup>, WANG Xixi<sup>3</sup>,  
WANG Zedong<sup>3</sup>, SUN Zhongchao<sup>3</sup>, SUN Fenghua<sup>4</sup>

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. School of Geography and Planning, SunYat-Sen University, Guangzhou 510275, Guangdong, China;

3. School of Resources & Environmental Engineering, Ludong University, Yantai 264025, Shandong, China;

4. Development Research Center of the Region Encircling the Bohai Sea, Ludong University, Yantai 264025, Shandong, China)

**Abstract:** On the basis of collecting and sorting related statistical yearbook data and actual survey data of 26 years during 1990-2015, 26 indicators are selected. Guided by the economic geography and communication geography and with the axis of the regional population, economic development and urbanization trend, the prediction is made for passengers, goods and traffic flow of the Bohai Strait Cross-sea Channel (hereafter referred to as "BSCC") for the future. The prediction covers province, nation and world (international trade) involved and gives high, middle and low solution respectively. Seven characteristic years are set due to a long predicting time (2017-2050). With the technology platform of EXCEL 2013, SPSS 22.0, ArcGIS 10.2, MATLABR2011b, etc., the prediction is made by organic combination of multiple methods, such as the time series curve estimation method, building passenger, goods and traffic flow exponential model, building GRNN model, traffic accessibility research method, etc., based on which the following analysis is made: (1) passengers, goods and traffic flow of the BSCC during 2020-2050 and its development trend; (2) passengers, goods and traffic flow structure of the BSCC during 2020-2050 and its development trend; (3) transportation capacity of both passengers and goods of the BSCC during 2020-2050; (4) feasibility and infeasibility of the BSCC construction; (5) future economic benefit of the BSCC construction. The prediction result shows that "catastrophic losses resulting from the extraordinarily large-scale project" will occur if the BSCC is to be built before 2050. In that case, it will also have devastating effects on sea transportation of the BSCC and cause huge losses. There is no need to build BSCC before 2040. Whether we build it in 2050 or not depends on actual social and economic development conditions before and after 2050.

**Keywords:** Bohai Strait Cross-sea Channel; passenger and cargo traffic; forecast analysis; time series forecasting method; the index model of passenger and cargo flow; GRNN model; traffic accessibility