

# A Research on Evaluation System and Methods of Port Service Supply Chain from a Sustainable Perspective

Shuo Dang<sup>1,2</sup>, Dong Li<sup>1</sup>, Liangyong Chu<sup>3,4</sup>, Wenqing Kang<sup>3,4</sup>, Jing Shi<sup>1,5</sup>

<sup>1</sup>University of Liverpool, Liverpool UK

<sup>2</sup>Chengyi College, Jimei University, Xiamen Fujian

<sup>3</sup>Jimei University, Xiamen Fujian

<sup>4</sup>Modern Logistics Research Center, Jimei University, Xiamen Fujian

<sup>5</sup>Guangxi Liugang Logistics Co., Ltd., Liuzhou Guangxi

Email: shuodang2014@163.com

Received: Sep. 13<sup>th</sup>, 2018; accepted: Oct. 2<sup>nd</sup>, 2018; published: Oct. 9<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

This research on port service supply chain aims to improve the performance and competitiveness of ports. Regarding the port enterprises as the core of the supply chain, its compositions, business forms and key performances are analyzed in this research. The concept proposed for port service supply chain emphasizes a sustainable way of port service operations, which balances the development of economy, society, port construction, environment and resources. A sustainable evaluation system is developed in this paper using port service supply chain principles identified from causal diagrams. At last, it introduces an evaluation model in use of AHP and fuzzy comprehensive evaluation method, with a case study of Xiamen Port. This paper will improve the existing evaluation methods on the value appraising of sustainability.

## Keywords

Sustainable Development, Port Service Supply Chain, AHP, Fuzzy Comprehensive Evaluation, Evaluation System

---

# 基于可持续发展观的港口服务供应链评价体系与方法研究

党朔<sup>1,2</sup>, 李冬<sup>1</sup>, 初良勇<sup>3,4</sup>, 康文庆<sup>3,4</sup>, 石晶<sup>1,5</sup>

<sup>1</sup>利物浦大学, 英国 利物浦

<sup>2</sup>集美大学诚毅学院, 福建 厦门

<sup>3</sup>集美大学, 福建 厦门

文章引用: 党朔, 李冬, 初良勇, 康文庆, 石晶. 基于可持续发展观的港口服务供应链评价体系与方法研究[J]. 可持续发展, 2018, 8(4): 264-275. DOI: 10.12677/sd.2018.84030

<sup>4</sup>集美大学现代物流研究中心, 福建 厦门

<sup>5</sup>广西柳钢物流有限责任公司, 广西 柳州

Email: shuodang2014@163.com

收稿日期: 2018年9月13日; 录用日期: 2018年10月2日; 发布日期: 2018年10月9日

## 摘要

本文以港口企业为核心的服务供应链为主要研究对象, 分析其组成节点、形态特点和作业绩效, 同时, 强调港口服务供应链运作应遵循可持续发展观原则, 并提出港口服务供应链新内涵, 即须重视经济效益、社会效益、港口基础设施建设与自然环境和资源承载力间协调有序发展。本文利用因果关系图深入剖析港口服务供应链发展机理, 建立可持续发展评价指标体系, 并结合层次分析法和模糊综合评价法给出港口服务供应链综合评价模型, 并以厦门港为例进行实证分析, 弥补现有评价方法忽视环境可持续发展性评价的不足。

## 关键词

可持续性发展, 港口服务供应链, 层次分析法, 模糊综合评价, 评价体系

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着港口直接参与的供应链业务快速发展, 港口在综合运输体系中的作用被不断强化, 从单一的货物装卸和转运节点提升为新市场环境下价值链中的主要驱动成分。港口在将价值传递给发货人和第三方服务提供商的同时, 也为自身与所在供应链创造价值, 由此逐步衍生出了港口服务供应链的概念[1]。良好的港口服务环境能够推动贸易快速增长, 对港口区域经济发展起着促进作用, 从而提升港口盈利和竞争力。

此外, 随着社会各界对可持续发展的重视, 港口在进一步发展与扩张过程中对环境和社会产生的影响受到了人们的高度关注, 如何做到在满足可持续发展的要求下, 港口盈利能力和竞争能力的持续提高, 是港口管理者面临的巨大挑战[2] [3]。

国内近年来探讨港口服务供应链综合评价指标的文献不多, 学者的研究多为简单地将港口服务供应链系统分为若干独立子系统, 且未从可持续发展的战略角度考虑港口服务供应链的发展。其中, 郑沫涵以港口服务供应链绩效作为一级评价指标, 选取港口基础设施、吞吐能力、财务指标和服务满意度为二级指标对天津港港口服务供应链进行了评价和优化[4]。何景师认为时间是港口服务供应链中的关键竞争要素, 提出云计算下港口服务供应链构建及优化方法, 为供应链决策提供了理论依据[5]。

上述港口服务供应链的研究均以供应链经济效益为研究核心。事实上, 港口的运作和作业也会给自然环境造成危害影响港口发展[6]。Bart 等对港口生态进行了评价, 指出当代港口发展面临着盲目扩张规模、资源利用效率低和环境污染严重等多重压力, 严重制约了港口的发展, 引发人们对于港口环境承载力的高度关注。此外, Dinwoodie 等指出, 港口服务评价要综合考虑可持续发展过程中的经济、环境和社会这三个维度目标[6]。但上述研究并未从供应链角度为港口服务指出可持续发展机理和评价方法。基于

此，本文以港口为核心的服务供应链为研究对象，从可持续发展的角度提出港口服务供应链的内涵并对评价体系进行优化，从而得出可行性较高的港口可持续评价指标，以期为港口管理者提供理论依据。

## 2. 港口服务供应链结构特点

港口服务供应链是以港口企业为核心，利用先进的信息和通信技术，着重提供服务，对链上资源进行有效整合。该链主要由各种物流服务的提供者及口岸管理部门组成，港口服务供应链结构如图 1 所示。在整个服务供应链中，港口企业占据着核心地位，可利用其自身优势发挥协调者的作用。港口服务供应链具有拉动式、不可储存性和协调性等特点[7]。

要提升港口的运作和管理水平，必须确保供应链各环节的顺畅与整体协调，从外部环境分析，要与船东、货主、集疏运部门、引航、船舶供应、海事商检等部门相互协调、相互促进。从港口企业内部环境分析，必须协调好后方装卸、库存、理货、堆场等部门各工种的生产作业，确保其成为一个有机的整体，从而实现链上各节点企业的顺利运作。

## 3. 基于可持续性发展的港口服务供应链系统分析

港口服务供应链强调资源整合优化与服务增值，与可持续发展具有密切的关系。港口服务供应链一方面发挥供应链职能，作为经济发展、社会进步的有力支撑，可以推动人与环境、经济、社会之间的协调发展和全面进步；另一方面，供应链管理遵循可持续发展原则进行，能够提升供应链整体绩效，降低各环节运营成本的同时，增加收益[8]。

### 3.1. 可持续发展观下港口服务供应链内涵

在可持续发展概念的基础上，结合港口服务供应链特点，本文对港口服务供应链可持续发展的定义是：在以港口企业为核心的港口服务供应链中，建立一个完善的供应链可持续性发展管理体系。该体系要求港口服务供应链在追求供应链经济效益和满足社会对运输服务需求的基础上，谋求港口发展的同时既要提升自然资源利用率并减轻环境污染，又要考虑港口环境承载力，使后代人拥有充分资源和环境的发展空间，是促进港口经济、社会、环境之间相互促进、平衡协调的一种发展模式[6]。

### 3.2. 港口服务供应链可持续发展机理

我们将可持续发展的港口服务供应链系统构架为包括港口服务供应链与经济、社会、资源和环境在内的机理模式。这种模式可通过因果关系图来描述，如图 2 所示，根据港口服务供应链发展现状，分析了目前的因果关系。

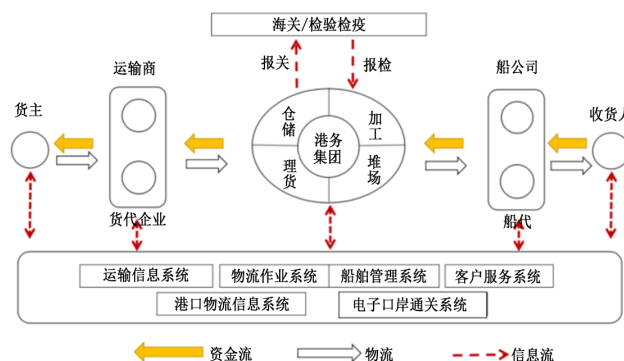


Figure 1. Structure of Port Service Supply Chain in Port-Centric Scenario  
图 1. 以港口企业为核心的港口服务供应链

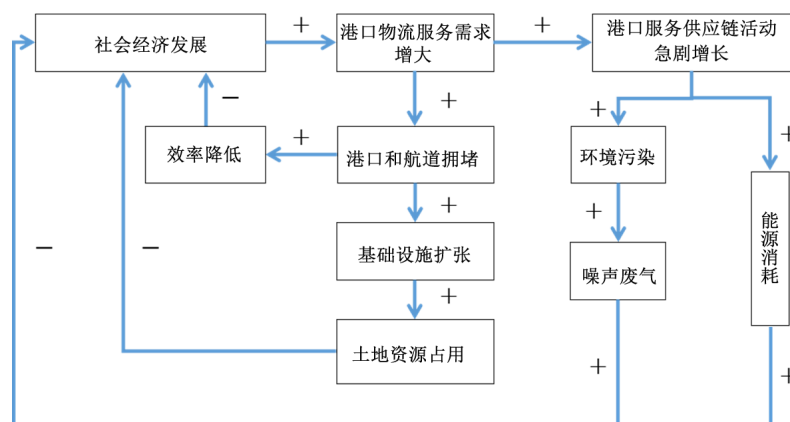


Figure 2. Causal Loop Diagram of Existing Port Service Supply Chain  
图 2. 港口服务供应链发展现状关系图

由图 2 可以看出，目前港口服务供应链发展现状所形成的因果关系是一种劣性关系：交通拥挤、土地资源占用以及环境污染和能源短缺等，最终都将降低社会经济的发展水平，形成恶性循环，这与可持续发展的目标背道而驰。

根据前述的分析，可持续发展的港口服务供应链与目前的现状主要区别是：考虑了环境资源承载能力与社会、经济、环境和资源的协调发展，这样就形成了图 3 的因果关系图，使得整个系统呈良性运行状态，这也是我们追求的理性状态。

在图 3 中，环①为负反馈环，表示社会经济发展使港口物流需求增大，引起港口服务供应链资源短缺加大，从而影响社会经济水平；环②为正反馈环，表示了社会经济发展使得港口物流投入增加，将缓解港口服务供应链资源短缺，最后促进社会发展；环③为负反馈环，表示社会经济发展使港口物流投入增加，导致港口物流基础设施建设增加，最后使土地占用加大，若土地占用不合理，势必将影响社会经济发展；环④为负反馈环，表示社会经济发展，使港口物流投入增加，这主要是港口设备和运输工具数量的增长，导致环境污染加大，如废气和噪声，最后影响社会经济的发展；环⑤为负反馈环，表示社会经济的发展，使港口物流投入增加，使得能源供应加大，影响社会经济发展。在图 3 中，我们特别标出了资源环境承载能力，以限制港口物流投入，从而控制港口服务供应链资源，即港口运输能力和基础设施的无限增长。这正是可持续港口服务供应链发展机制和现行机制的不同之处。

#### 4. 港口服务供应链可持续发展评价指标

参考本文前述分析，并结合刘国秀、宋宏伟、王琳等关于港口物流和港口服务供应链绩效指标的研究以及厦门港“降成本、优环境”专题研究成果，依据系统性、层次性、可操作性、定性指标与定量指标相结合等原则，本文拟从港口经济效益、港口社会效益、港口环境效益、港口资源利用以及港口容量建设五个子系统构建港口物流绩效评价的指标体系(见图 4) [2] [9] [10]。

港口经济效益指标系统是以有效增加值为核心指标，从增加值角度、盈利角度设置的，由于港口货物吞吐量越多，港口的收入越高，因此，本文除财务指标外，还通过选取港口吞吐量等指标反映港口的经济绩效。主要包括以下指标：港口总投资、港口装卸效率、港口效益增长率、港口吞吐量增长率、对外贸易进出口总额、进出口总额增长速度。

港口社会效益指标系统是对港口履行社会责任的能力和效果进行评价。本文按照狭义的社会责任口径，从社会影响、劳动就业等方面设置港口物流社会绩效评价指标体系。其具体指标包括：港口国内/国际航线比例、港口城市 GDP 增长速度、港口城市国际化程度、港口城市第三产业占 GDP 比重。

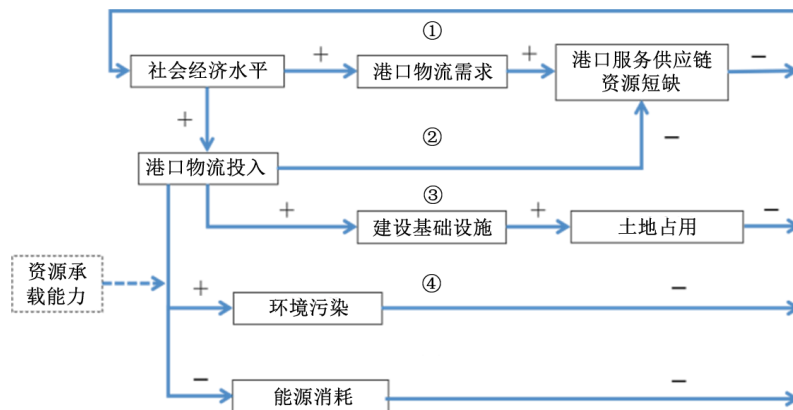


Figure 3. The Causal Loop Diagram from a Sustainable View

图 3. 港口服务供应链可持续发展关系图

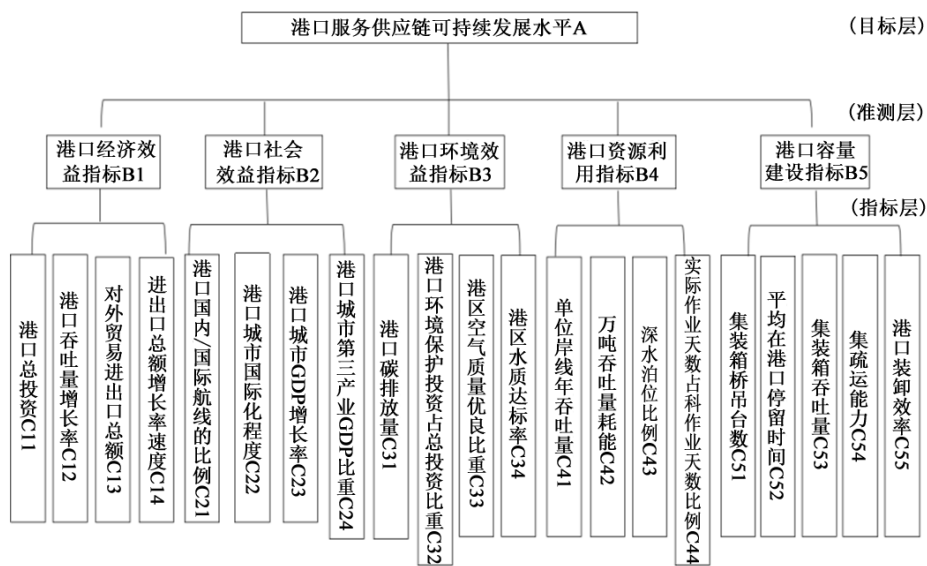


Figure 4. Hierarchical Structure of Port Service Performance Index on Sustainability

图 4. 港口服务供应链可持续发展评价指标体系

港口环境指标是从港口自然环境对港口进行评价，选取以下指标：港口碳排放量、港口环境保护投资占总投资比例、港区空气质量优良比重、港区水质达标率。

港口资源利用指标系统是以港口资源的有效利用为核心指标，从资源利用效率角度设置的。效率越高，表明港口物流能力越强。因此，本文选取以下指标：单位岸线年吞吐量、万吨吞吐量耗能、深水泊位比例、实际作业天数占年可作业天数比例。

港口基础建设指标系统是从港口建设规模和生产容量进行评价，包含以下指标：集装箱桥吊台数、平均在港停留时间、集装箱吞吐量、集疏运能力和港口装卸效率。

## 5. 基于 AHP 与模糊评价的模型

### 5.1. AHP 确定主权重

本文采用 AHP 方法确定指标的主权重。设指标层  $B$  中共有  $n$  个评价指标， $B_i$  的下层级  $C$  共有  $m$  个评价指标，设指标层  $B$  的权重向量为  $W_{Bi} = (W_1, W_2, \dots, W_n)$ ， $B_i$  的下层级指标的权重向量为

$W_{Cij} = (W_{i1}, W_{i2}, \dots, W_{im})$ 。所有评价指标权重值都必须满足归一性和非负性的要求, 即  $\sum W_i = 1$  且  $W_i \geq 0$ ,  $\sum W_{ij} = 1$  且  $W_{ij} \geq 0$ ,  $i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m$ 。

## 5.2. 模糊算法确定港口服务供应链绩效

模糊综合评价的基本思想是利用模糊线性变换原理和最大隶属度原则, 考虑与被评价事物相关的各因素, 对其作出合理的综合评价, 具体步骤如下:

设与被评价事物相关的因素共有  $m$  个, 记作:  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ , 称之为因素集。又设所有可能出现的评语有  $n$  个, 记作  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ , 称之为评语集。

首先, 对因素  $U$  中的单因素  $u_i (i = 1, 2, \dots, m)$  作单因素评价, 从因素  $u_i$  确定该事物对评语  $v_j (j = 1, 2, \dots, n)$  的隶属度  $r_{ij}$  从而得出第  $i$  个因素  $u_i$  的单因素评价集  $r_i = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in})$ 。把这  $m$  个单因素评价集作为行即得一个总的评价矩阵, 称  $R$  为综合评价矩阵。

在进行综合评价时, 必须给出各个因素在总评价的重要程度, 即在因素论域  $U$  上给出一个模糊子集  $A = (a_1, a_2, \dots, a_m)$ , 其中  $a_i$  为因素  $u_i (i = 1, 2, \dots, m)$  在总评价中的影响程度大小的度量, 在一定程度上也代表根据单因素  $u_i$  评定等级的能力。称  $A$  为  $U$  上因素重要程度模糊子集, 而成  $a_i$  为因素  $u_i$  重要程度系数。当因素重要程度模糊集  $A$  和评价矩阵(模糊关系)  $R$  已知时, 通过  $R$  作模糊线性变换, 把  $A$  变为评语集  $V$  上的模糊子集  $B = A * R = (b_1, b_2, \dots, b_n)$  (5.1)。

称  $B$  为评语集  $V$  上的模糊综合评价集,  $b_j (j = 1, 2, \dots, n)$  为等级(评语)  $v_j$  对综合评价所得模糊评价集  $B$  的隶属度; 而式(5.1)成为综合评价模型, 记作模型  $M$ 。

根据最大隶属度原则, 选择模糊综合评价集  $B = (b_1, b_2, \dots, b_n)$  中最大的  $b_j$  所对应的等级(评语)  $v_j$  作为综合评价结果。

## 6. 实证分析

### 6.1. 厦门港现状

厦门港包括厦门市和漳州市的十大港区, 主要港口资源分布在环厦门湾和环东山湾, 是我国沿海主要港口之一, 综合运输体系的重要枢纽、集装箱运输干线港、东南国际航运中心和对台航运主要口岸, 2017 年位居世界集装箱港口第 14 名。为了使厦门港港口服务供应链可持续发展现状分析量化, 首先要将建立好的顾客满意度评价指标体系转换成问卷调查表的形式, 针对 21 个三级指标分别设计了 21 道题目。为了能够方便地获取调查数据, 以作分析, 被调查者将根据问卷问题及给出的选项进行作答。在《厦门港港口服务供应链可持续发展现状调查问卷》中, 将答案选项设置为“优、良、中、差”。为了使结果更具有说服力, 本次问卷调查表的发放选择港航企业、政府部门、科研院所及高校的管理层、监管负责人及专家学者作为问卷发放对象, 采取现场书面填写的形式, 共发放 50 份, 回收有效问卷 30 份。

### 6.2. 基于可持续发展的厦门港港口服务供应链绩效评价

#### 1) 评价指标权重的确定

结合上文所建立的层级结构模型, 根据港口经济效益、港口社会效益、港口环境效益、港口资源利用以及港口基础设施对于港口服务供应链可持续发展的重要性, 构造判断矩阵  $B$ :

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 1 & 1 & 3 \\ 1/5 & 1 & 1/3 & 1 & 1 \\ 1 & 3 & 1 & 3 & 5 \\ 1 & 1 & 1/3 & 1 & 5 \\ 1/3 & 1 & 1/5 & 1/5 & 1 \end{bmatrix}$$

(其中,  $b_{ij} = 1, 3, 5$  时分别表示  $i$  元素比  $j$  元素对上一层因素的重要性相同、重要、极其重要。反之则  $b_{ji} = 1/b_{ij}$ )

判断矩阵  $B$  列向量归一化处理  $B_{ij} = b_{ij} / \sum_{i=1}^n b_{ij}$ , 有:

$$B_{ij} = \begin{bmatrix} 0.283 & 0.500 & 0.375 & 0.167 & 0.200 \\ 0.057 & 0.100 & 0.125 & 0.167 & 0.067 \\ 0.283 & 0.300 & 0.375 & 0.500 & 0.333 \\ 0.283 & 0.100 & 0.125 & 0.167 & 0.333 \\ 0.094 & 0.100 & 0.075 & 0.033 & 0.067 \end{bmatrix}$$

再按行求和  $W_i = \sum_{j=1}^n B_{ij}$ , 有:

$$W = (1.525, 0.515, 1.791, 1.008, 0.369)^T$$

对向量  $W$  进行归一化  $W_i = W_i / \sum_{j=1}^n W_j$ , 得到特征向量:

$$W = (0.293, 0.099, 0.344, 0.194, 0.071)^T$$

一致性检验, 计算判断矩阵  $B$  的最大特征值  $\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n (BW)_i / nW_i$ , 有:

$$\lambda_{\max} = 1/5 \left( \frac{1.537}{0.381} + \frac{0.537}{0.129} + \frac{1.868}{0.448} + \frac{1.054}{0.252} + \frac{0.375}{0.092} \right) = 5.369$$

计算单排序一致性指标  $CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ , 有

$$CI = (5.369 - 5) / (5 - 1) = 0.092$$

计算一致性比率  $CR = CI / RI$ , 根据表 1 得知, 当  $n = 5$  时,  $RI = 1.12$ , 有:

$CR = 0.092 / 1.12 = 0.082$ , 因为满足  $CR \leq 0.1$ , 所以判断矩阵符合一致性检验, 得二级指标权重  $W_i$  如表 2 所示。

同理, 按照上述方法求三级指标权重  $W_{ij}$ , 结果见表 3。

## 2) 评价指标隶属度的确定

通过调研厦门港现状, 将收集的历史资料和数据进行整理, 并邀请厦门港口局、厦门航运交易所、

**Table 1.** Average Random Consistency Indexes

**表 1.** 平均随机一致性指标

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$RI$	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

**Table 2.** Priorities of Secondary Factors

**表 2.** 二级评价指标权重值

$B$ 级指标	权重	合计
港口经济效益 $B_1$	0.293	
港口社会效益 $B_2$	0.099	
港口环境效益 $B_3$	0.344	1
港口资源利用 $B_4$	0.194	
港口基础设施 $B_5$	0.071	

东南航运研究中心以及其他港航企业中行业专家若干名,参考行业平均水平对定性指标进行评分。而后,统计每个指标的数值样本,根据评价等级划分的标准对每个指标的隶属度进行确定。如对于某一个评价指标,专家(共30人)中有12人给了优,9人给了良,6人给了中,3人给了差,则该指标对评价等级的隶属度为(0.4, 0.3, 0.2, 0.1)。最后统计得各评价指标对应的评价等级隶属度结果如表4所示。

本文将根据此数据表和统计结果对可持续发展观下港口服务供应链绩效进行评价。

设二级指标分别为港口经济效益、港口社会效益、港口环境效益、港口资源利用、港口容量建设分别表示为  $U_1, U_2, U_3, U_4, U_5$ , 三级指标为二级指标的具体分解指标,如表3所示,分别表示为:

$$U_i = \{U_{ij}\}, (i=1,2,3; j=1,2,\dots,5)。$$

### 3) 评价等级数设置

设置评价等级数为4,即评语集为  $V = \{V_1, V_2, V_3, V_4\}$ , 其中  $V_1$  表示优秀,  $V_2$  表示良好,  $V_3$  表示一般,  $V_4$  表示较差。

### 4) 计算二级指标的隶属度矩阵

根据整理出来的数据,可以得知港口服务供应链  $U_1$  对应的三级指标  $U_{11}, U_{12}, U_{13}, U_{14}, U_{15}$ ; 对评语等级  $V$  的隶属度分别为:

$$\{0.3, 0.4, 0.2, 0.0\};$$

$$\{0.4, 0.3, 0.2, 0.1\};$$

$$\{0.5, 0.3, 0.2, 0.0\};$$

$$\{0.3, 0.4, 0.1, 0.1\};$$

**Table 3.** Priorities of Sub-factors

**表 3.** 三级指标分解指标权重值

	指标	权重	合计
港口经济效益	港口总投资	0.038	0.293
	港口吞吐量增长率	0.083	
	对外贸易进出口总额	0.043	
	进出口总额增长速度	0.128	
	港口国内/国际航线的比	0.017	
港口社会效益	港口城市国际化程度	0.010	0.099
	港口城市 GDP 增长率	0.046	
	港口城市第三产业占 GDP 比重	0.026	
港口环境效益	港口碳排放量	0.137	0.344
	港口环境保护投资占总投资比重	0.107	
	港区空气质量优良比重	0.042	
	港区水质达标率	0.058	
港口资源利用	单位岸线年吞吐量	0.042	0.194
	万吨吞吐量耗能	0.097	
	深水泊位比例	0.043	
	实际作业天数占年可作业天数比例	0.013	
	平均在港口停留时间	0.006	
港口容量建设	集装箱吞吐量	0.018	0.071
	集疏运能力	0.039	
	港口装卸效率	0.008	



**Table 4.** Comparison Matrix for Different Alternatives on Sub-factors  
**表 4.** 绩效评价指标隶属度统计表

	指标	优	良	中	差	合计
港口经济效益	港口总投资	0.3	0.4	0.2	0.0	1.0
	港口吞吐量增长率	0.4	0.3	0.2	0.1	1.0
	对外贸易进出口总额	0.5	0.3	0.2	0.0	1.0
	进出口总额增长速度	0.3	0.4	0.1	0.1	1.0
港口社会效益	港口国内/国际航线的比	0.4	0.3	0.2	0.1	1.0
	港口城市国际化程度	0.3	0.4	0.2	0.1	1.0
	港口城市 GDP 增长率	0.4	0.3	0.2	0.1	1.0
	港口城市第三产业占 GDP 比重	0.4	0.3	0.2	0.1	1.0
港口环境效益	港口碳排放量	0.1	0.3	0.4	0.2	1.0
	港口环境保护投资总投资比重	0.4	0.3	0.2	0.1	1.0
	港区空气质量优良比重	0.5	0.3	0.3	0.0	1.0
	港区水质达标率	0.3	0.4	0.2	0.1	1.0
港口资源利用	单位岸线年吞吐量	0.4	0.3	0.2	0.1	1.0
	万吨吞吐量耗能	0.1	0.1	0.5	0.3	1.0
	深水泊位比例	0.2	0.2	0.4	0.2	1.0
	实际作业天数占年可作业天数比例	0.5	0.3	0.2	0.0	1.0
港口容量建设	平均在港口停留时间	0.1	0.3	0.4	0.2	1.0
	集装箱吞吐量	0.5	0.3	0.2	0.0	1.0
	集疏运能力	0.1	0.3	0.4	0.2	1.0
	港口装卸效率	0.5	0.3	0.2	0.0	1.0

由这三个指标隶属度可构成的港口服务供应链绩效  $U_1$  模糊关系矩阵  $R_1$ ,

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \\ 0.5 & 0.3 & 0.2 & 0 \\ 0.3 & 0.4 & 0.1 & 0.1 \end{bmatrix}$$

同理可得其他三级指标对二级指标的隶属度矩阵  $R_2, R_3, R_4, R_5$ 。

5) 计算指标权重

根据表 2, 可知二级指标相对一级指标权重向量为:

$$A = (0.293, 0.099, 0.344, 0.194, 0.071)$$

同理, 据表 3, 得三级指标相对二级指标的权重向量  $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$ 。

6) 计算二级指标综合评价值

计算  $U_1$  的评价值矩阵  $B_1$ , 根据  $b_j = \sum_{i=1}^m (a_i \cdot r_{ij}), (1, 2, \dots, n)$ , 可得综合评价向量  $B_1$ , 则有:

$$B_1 = A_1 * R_1 = (0.038, 0.083, 0.043, 0.128) * \begin{bmatrix} 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \\ 0.5 & 0.3 & 0.2 & 0 \\ 0.3 & 0.4 & 0.1 & 0.1 \end{bmatrix} = (0.105, 0.104, 0.046, 0.021)$$

再分别对  $U_2, U_3, U_4, U_5$  计算评价矩阵, 得到:

$$B_2 = (0.039, 0.031, 0.020, 0.010);$$

$$B_3 = (0.095, 0.109, 0.100, 0.044);$$

$$B_4 = (0.042, 0.035, 0.077, 0.042);$$

$$B_5 = (0.018, 0.021, 0.023, 0.009).$$

由此形成二级模糊评价的隶属关系矩阵  $R$ , 则有:

$$R = \begin{bmatrix} 0.105 & 0.104 & 0.046 & 0.021 \\ 0.039 & 0.031 & 0.020 & 0.010 \\ 0.095 & 0.109 & 0.100 & 0.044 \\ 0.042 & 0.035 & 0.077 & 0.042 \\ 0.018 & 0.021 & 0.023 & 0.009 \end{bmatrix}$$

7) 计算综合评价隶属度  $B$ :

$$B = A * R = (0.293, 0.099, 0.344, 0.194, 0.071) * \begin{bmatrix} 0.105 & 0.104 & 0.046 & 0.021 \\ 0.039 & 0.031 & 0.020 & 0.010 \\ 0.095 & 0.109 & 0.100 & 0.044 \\ 0.042 & 0.035 & 0.077 & 0.042 \\ 0.018 & 0.021 & 0.023 & 0.009 \end{bmatrix} = (0.077, 0.079, 0.066, 0.031)$$

将  $B$  归一化得  $B_i = (0.304, 0.312, 0.261, 0.123)$ , 由此可知, 认为基于可持续发展观下厦门港港口服务供应链绩效优的程度为 0.304, 认为良的程度为 0.312, 认为一般的程度为 0.261, 认为不太满意的程度为 0.123。根据最大隶属度原则, 基于可持续发展观下厦门港港口服务供应链绩效情况为良好, 表明厦门港港口服务供应链仍需改进完善。

## 7. 厦门港港口服务供应链可持续发展的建议

根据表 4 上数据可以发现, 评价结果为良及以下的二级指标分别为港口总投资、港口城市国际化程度、港口碳排放、万吨吞吐量耗能、集疏运能力及平均在港停留时间。这些绩效指标关系到港口服务供应链的响应能力、可靠性及产业链可持续性发展。为提升厦门港港口服务供应链整体绩效表现, 形成港口服务供应链可持续发展关系, 本文结合前文关于港口服务供应链可持续发展机理的论述, 从改善环境效益、提高资源利用率、供应链协调管理、节点资源整合及供应链结构优化等方面入手, 提出以下建议。

### 7.1. 加强供应链各节点能效管理, 实施绿色作业

1) 努力全流程使用电能与清洁能源

港口服务低碳建设主要包括燃料代替和利用可再生能源两个方面。燃料代替主要是利用“油改电”和“油改气”技术。例如, 日夜穿行港区的拖车是污染排放大户, 如果采用世界公认的 LNG 清洁能源, 在一氧化碳排放方面可下降 99.97%, 菲甲烷碳氢化合物可下降 83.3%, 氮氧化物可下降 30.95% [11]。港区采用 LNG 拖车后, 将极大地改善港区及周边地区的环境污染问题。另外, 如将 RTG (轮胎式龙门吊)、港作车船使用的燃油驱动改为电力驱动, 利用光能、风能和太阳能灯等可再生能源互补照明、为洗浴供热, 这些不仅能有效地节省能源, 还可以降低码头维修保养费用和运营费用, 实现港口服务供应链整体成本的降低。

2) 建立能耗管理系统, 实施监控

以码头为核心的港口服务企业, 制定相应的节能规划、措施及奖惩办法, 严格执行单机能耗计量、

统计制度,有针对性地做好能耗统计分析工作,实施能源供应管理、计量管理、消耗定额管理、节能技术管理等方面工作。以龙门吊装卸为例,整合龙门吊耗能状态和司机相关信息,实现两个数据交换运行,码头方面采取数据库对接技术,实现数据的汇总整合。改造后,司机及管理人员可实时查询当前的作业耗能,合理调配资源,有效控制使用,进一步减少因人为操作带来的不必要能耗。

## 7.2. 促进节点企业优势互补,实现供应链协同运作

### 1) 实现节点企业优势互补

综合性物流企业必须改变“大而全”的经营理念,对于超出自身能力的业务,应该寻找合作伙伴,共同满足客户需求。供应链管理强调运用系统的战略管理思想,由链上的各个节点企业构成有机联系的整体。因此,各节点企业应集中精力培养自己的优势业务,提升核心竞争力,使得各成员之间在知识、技能、管理和信息方面优势互补,通过供应链核心企业的协调共同追求供应链整体利益最大化,提升整体竞争优势,以此为基础实现港口服务供应链上各企业利益最大化。

### 2) 整合港口物流服务供应商

通过政府监管机构与港口企业、客户共同构建起港口物流服务供应链平行结构和垂直结构的上下游关系,促使各企业之间乃至整个港口物流服务供应链各节点之间形成共同目标,以供应链整体成本最小化为原则统筹规划,降低各环节上的时间耗费和物流成本[7]。此外,港口企业作为物流服务供应链的核心成员,应当成为物流服务整合商的角色。树立港口企业的核心地位,采用市场预测、信息共享、利益共享等手段强化供应链一体化,提高供应链的响应能力,减少全程物流时间和费用。

## 7.3. 延伸厦门港口服务供应链,推进服务创新

发展国际中转直拼、沿海捎带业务,延伸港口服务供应链,拓展港口海向腹地。所谓国际中转口岸直拼是指国际中转货物入境拆箱后,与口岸出口货物进行拼箱再出口的业务[12]。建议厦门港重点做大做强国际中转业务,充分利用厦门现有自贸区政策优势,采取优惠措施,吸引更多港航企业来厦门港开展国际中转业务,提升港口国际化程度。

继续拓展内陆及沿海腹地。在保持福建、江西和湖南等省份的铁路“无水港”业务的同时,努力向西部省份拓展,建设厦门港腹地物流体系,将港口的航运功能、贸易功能、保税功能延伸至内陆[13]。另外,利用新增运力开辟内外贸支线、内贸线,在沿海腹地拓展支线中转业务。

## 7.4. 完善信息共享,加快港口服务供应链响应速度

港口服务供应链管理必须以统一的信息平台为基础。为使供应链实现对最终用户需求的快速响应,厦门港可以采用以港口为核心的集成信息管理模式,运用先进的计算机技术和数据库系统,建立一个和航运、贸易、口岸信息相连接的信息网络平台,链上各节点企业把供应链运作相关的信息及时传送至平台,保障节点企业能够实时获悉与其相关的信息,并快速响应客户需求。

## 7.5. 增强可持续性管理意识,提升供应链整体效益

目前,厦门港港口服务供应链上的服务企业,虽然数量众多,但是大多规格不大,功能单一,服务水平低下。除码头企业外,其他行业经营规模普遍偏小,低水平竞争激烈,利润空间狭小,使得营商环境恶化,而高端服务尚未得到充分发展,严重影响了供应链的构建和运行绩效。厦门港需要将小而散的低端产业进行统一规划整合,完善差异化扶持制度,加大对港航金融、海上保险、海事法律及港口咨询服务等的扶持力度。此外,港口服务供应链上各成员规模形态和性质各异,成员间存在利益冲突,只有通过建立起战略合作伙伴关系,才能促使整个供应链协调一致,提高供应链中所有节点的利润,提升供

应链整体效益。

## 8. 结论

对于现代港口企业来说,只关注物流活动的经济效益而忽略其给环境、资源所带来的负效应,则港口服务供应链的发展就不可避免地与发展原则相冲突,同时也会影响供应链整体绩效。港口服务供应链的可持续发展要处理好港口物流硬件建设与软件建设的关系。在发展全球供应链的环境下,港口除了继续发挥其航运功能外,还应当联合供应链上其他节点企业,构建港口服务供应链。港口服务供应链的建设要与资源利用、环境保护有机结合起来,供应链上各成员协同发展,互利共赢,在提升供应链整体服务水平的过程中实现自身发展。

## 参考文献

- [1] 代应,王振峰.港口物流服务供应链的形成与发展[J].物流科技,2009,32(11):43-45.
- [2] 刘国秀,何桢.可持续发展观下港口物流内涵与绩效研究[J].安徽农业大学学报(社会科学版),2009,18(5):23-26.
- [3] 刘桂云,陈珊珊.宁波一舟山港港口服务供应链的结构及优化对策[J].宁波大学学报(人文科学版),2015(5):86-90.
- [4] 郑沫涵.港口物流服务供应链绩效评价研究[D]:[硕士学位论文].天津:天津师范大学,2014.
- [5] 何景师.云计算下港口物流服务供应链构建及优化[J].物流工程与管理,2016,38(3):149-151.
- [6] Dinwoodie, J., Tuck, S., Knowles, H., et al. (2012) Sustainable Development of Maritime Operations in Ports. *Business Strategy and the Environment*, **21**, 156-168.
- [7] 黄俏梅.基于供应链的厦门港发展战略[J].水运管理,2011,33(9):25-28.
- [8] Seuring, S. and Muller, M. (2008) From a Literature Review to a Conceptual Framework for Sustainable Supply Chain Management. *Journal of Cleaner Production*, **16**, 1699-1710.
- [9] 宋宏伟,王晶.基于AHP-DEA-GM的港口可持续评价及改善[J].中国集体经济,2016(4):64-65.
- [10] 王琳.基于可持续发展的港口物流绩效评价研究[D]:[硕士学位论文].大连:大连海事大学,2012.
- [11] 赫伟建,张立丽,黄日新.厦门港建设绿色港口途径探讨[J].交通节能与环保,2014(5):84-86.
- [12] 林珊珊.自贸区政策下厦门港集疏运系统优化研究[J].怀化学院学报,2016,35(8):44-48.
- [13] 贺丹,李文超.港口城市中欧班列可持续发展机制与对策—基于“甬新欧”班列的个案研究[J].中国流通经济,2016,30(10):105-111.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2160-7540, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [sd@hanspub.org](mailto:sd@hanspub.org)