

· 港 口 ·



港口岸线集约利用度研究

耿 穗

(广东省交通运输规划研究中心, 广东广州 510101)

摘要: 水运行业高质量发展要求港口岸线利用必须专业化、节约化、集约化,但是目前尚无公认的岸线集约化程度计算方法或衡量标准,无法定量分析岸线集约化情况。从集约的含义出发,提出衡量岸线的投入指标和产出指标,给出岸线集约利用度的含义和公式。以西江中下游某港两作业区的岸线使用为例,计算各指标及岸线集约利用度,结果与实际吻合较好。该岸线的集约衡量方法可以评价现状岸线,也可应用到港口岸线规划中,为岸线规划及开发提供指导,充分发挥每段岸线的资源优势,实现价值最大化。

关键词: 岸线集约化; 投入和产出; 集约利用度; 港口岸线规划; 资源优势

中图分类号: U651

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)12-0028-06

Intensive utilization degree of port shoreline

GENG Ying

(Guangdong Provincial Transportation Planning & Research Center, Guangzhou 510101, China)

Abstract: The high-quality development of the waterborne transportation industry requires that the use of port shoreline must be specialized, economical and intensive. However, there is no recognized calculation method or measurement for the intensive utilization degree of port shoreline, and it is difficult to quantitatively analyze the degree. Starting from the meaning of intensification, this paper puts forward the input index and output index to measure the shoreline, and gives the meaning and formula of the intensive utilization degree. Taking the shoreline utilization in two operation areas of a port in the middle and lower reaches of Xijiang River as an example, the indicators and the intensive utilization degree of shorelines are calculated, and the results are in good agreement with the actual situation. The measurement method for the intensive utilization degree of port shoreline can evaluate the current shoreline or be applied to the port shoreline planning, which provides guidance for shoreline planning and development, gives full play to the resource advantages of each shoreline, and maximizes its value.

Keywords: shoreline intensification; input and output; intensive utilization degree; port shoreline planning; resource advantages

岸线是港口发展的重要资源,我国早期的港口发展具有一定的无序和粗放性质,岸线的开发利用效果和效率并未达到最优,优质岸线被逐步利用,岸线资源日益紧张。随着社会主义生态文明的建设,生态环境保护力度不断加大,港口建设也必须注重绿色发展。世界一流港口建设中也提到加强资源节约循环利用,严格管控和合理利

用深水岸线,提倡建设公用码头。

目前,在港口规划和开发建设时仍更多关注于泊位等级、数量、通过能力等指标,虽然强调了岸线的专业化、节约化、集约化发展,但往往是定性要求。行业内尚无公认的岸线集约化程度计算方法或衡量标准,无法定量分析岸线集约化情况。

收稿日期: 2023-03-10

作者简介: 耿颖 (1990—), 女, 硕士, 工程师, 从事港口航道规划与战略研究、综合交通规划。

国外对土地集约利用的研究颇多，但是对港口岸线集约的研究较少，针对港口大多是分析比较其经济效率，从而比较港口间的竞争力，如 Martinez 等^[1]通过数据包络分析(DEA)技术比较了西班牙港口效率；Di Vaio 等^[2]调查了港口行业环境可持续性和能源效率对港口竞争力的影响；Allate^[3]利用结构行为绩效(SCP)体系，围绕市场集中度和份额的关系评价西非沿海 12 个港口的竞争力。

国内对港口岸线集约利用做了一定研究，如陈武争等^[4]、袁洪春等^[5]将岸线利用强度定义为泊位长度/占用自然岸线长度，重点比较了挖入式港池和顺岸式港池的岸线利用强度，对港口的布置形式有指导作用，但是不能全面体现岸线利用程度和集约特点；陈晓攀等^[6]、陈广杰^[7]提出港口岸线的集约化措施，主要从完善规划、加强管理、推进整合等角度保障岸线资源的合理利用，未能定量分析岸线的集约化情况；王学诗等^[8]、杨立娟等^[9]基于层次分析法建立了岸线资源评价和岸线集约利用评价的指标体系，但是在岸线利用状况的评价中仅考虑已使用岸线长度与规划岸线长度的比值，这一比值只能体现岸线利用率的高低，不能体现岸线的集中或分散程度；王晗等^[10]构建了海域集约利用的评价指标体系，较为完备地体现了对海域的利用程度，但是仅适用于对海域使用效果的衡量，不能从整体上表现岸线利用的集约程度。

基于上述背景，本文分析了衡量岸线集约化程度的重要指标，提出表征港口岸线集约度的计算公式，以西江某港两作业区的岸线为例计算各指标，并提出发展建议。

1 岸线集约利用含义及参数选取原则

1.1 岸线集约利用含义

“集约利用”一词最早来源于经济生产活动，即指提高单位面积产量，而空间集约利用研究大多集中在土地的集约利用方面，一般用土地利用强度、效率和产出率来衡量，港口生产中尚未形成对岸线集约的统一界定。

岸线的节约化一般是指尽量节省岸线，避免岸线的浪费和闲置；与之相比，岸线的集约化则可以借鉴土地集约利用的含义，认为是码头产出效益与投入岸线之比。

为便于比较，可定义一个名为岸线集约利用度 I 的去量纲指标， I 的数值范围为 $[0, 1]$ ，其中 $I=0$ 表明该段岸线未利用或无产出， $I=1$ 表明该段岸线全部利用且效益最高， I 在 $0 \sim 1$ 之间表明该段岸线没有完全利用或是没有达到最效益。

1.2 参数选取原则

为确定岸线集约利用度 I 的计算方法，需先提炼出评价岸线集约利用的参数。影响岸线利用的因素众多，种类多样，在不同地区不同环境特点下各因素的影响程度也不尽相同，结合上述对岸线集约利用度的定义，根据以下原则选取计算参数。

1) 科学性原则。计算中选用的参数应和岸线集约利用有最为直接的关系，同时参数不宜过多或过少。

2) 准确性原则。计算参数应有可靠的数据来源和准确的计算结果，以免对论点产生影响。

3) 易获取原则。参数的选取要充分结合现实情况，找到代表性强、容易获取、有权威机构发布的数据，如规划岸线长度、港口吞吐量、泊位规模等。

2 岸线的投入指标

2.1 隐形利用岸线、剩余岸线价值

2.1.1 系数引出

岸线的投入主要指岸线的利用，行业内大多采用以下 2 个比值型数据作为评价指标：岸线利用率 ρ 和岸线利用强度 Q ：

$$\rho = L/S \quad (1)$$

$$Q = B/L \quad (2)$$

式中： L 为已利用自然岸线长度， S 为规划自然岸线长度即宜建港岸线长度， B 为泊位长度。

如图 1 所示， $\rho = L_{T_2 \sim T_3} / L_{T_1 \sim T_4}$ ，为不超过 1 的数； $Q = L_{T_5 \sim T_6} / L_{T_2 \sim T_3}$ ，对于顺岸式泊位一般小于 1，而对挖入式港池常大于 1。

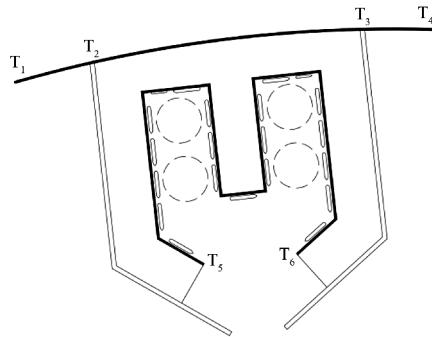


图 1 岸线利用

上述 2 个指标虽已包含较多信息，但是不足以全面体现岸线的集约利用情况。如图 2 所示，假设一段宜建港岸线长度为 S ，两种情形的岸线利用率均为 $(L_1+L_2)/S$ ，岸线利用强度也基本相同，但岸线的集约利用程度不同，可以看出：图 2a) 中岸线更加分散，两码头之间的岸线利用起来难度较大；图 2b) 中码头泊位相邻建设，码头间距为零，即岸线成片开发，此时岸线利用效率最高；此外，两端的未利用岸线也会因为长度的不同而产生不同的价值。

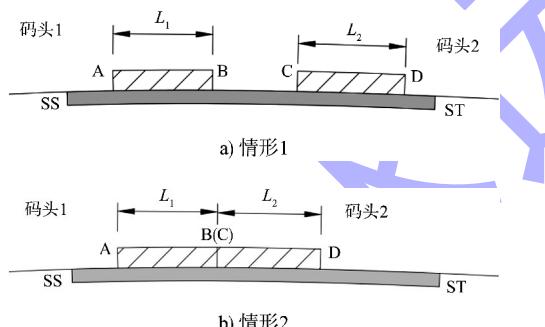


图 2 不同岸线利用情形

2.1.2 系数定义

如图 3 所示，一段宜建港岸线长度为 S ，其上已建有若干泊位，每个泊位利用自然岸线长度为 L_i ，岸线两端或已建泊位之间的岸线长度为 d_{i-i+1} 。

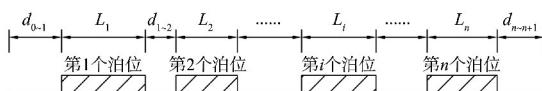


图 3 岸线利用分析

受两边泊位的影响， d_{i-i+1} 不能充分发挥作用，相当于因为两边泊位的建设而降低了该段岸线的价值，假定岸线剩余的价值为 $d_{i-i+1} \cdot l_{i-i+1}$ ，

即剩余岸线价值系数为 l_{i-i+1} ，那么隐形消耗掉的岸线长度为 $d_{i-i+1} \cdot (1-l_{i-i+1})$ ，即隐形利用岸线系数为 $1-l_{i-i+1}$ ，两系数可按下式计算：

剩余岸线价值系数：

$$l_{i-i+1} = 1 - 1 / \left(1 + \frac{d_{i-i+1}}{L^*} \right) \quad (3)$$

隐形利用岸线系数：

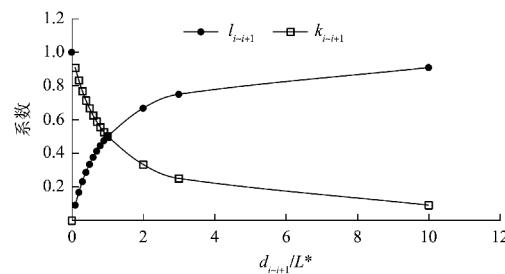
$$k_{i-i+1} = 1 - l_{i-i+1} = 1 / \left(1 + \frac{d_{i-i+1}}{L^*} \right) \quad (4)$$

式中： i 为该段宜建港岸线上第 i 个泊位，应大于 0； d_{i-i+1} 为第 i 个泊位与第 $i+1$ 个泊位之间的距离； d_{0-1} 是指岸线起点至第 1 个泊位间的距离，末端同理； L^* 为宜建设规模所需的长度。

对于内河港口，泊位的宜建设规模主要由航道等级确定，因此计算较为简便，同一航段各岸线的最合理规模均相同；对于沿海港口，不同位置的岸线资源因自然条件、产业类型的差异而有不同的适宜规模，实践中可以用港口规划中的泊位等级作为宜建设规模。本文为简化问题，以内河岸线为例，将宜建设规模视为常数，其岸线长度、吨级等也均视为常数，沿海岸线可以相应推广。

2.1.3 系数分析

剩余岸线价值系数 l_{i-i+1} 、隐形利用岸线系数 k_{i-i+1} 均为与 d_{i-i+1}/L^* 相关的函数，函数关系如图 4 所示，对该图及式 (3)、(4) 的解释及分析如下。

图 4 l_{i-i+1} 、 k_{i-i+1} 与 d_{i-i+1}/L^* 的关系

1) 当 $d_{i-i+1}=0$ 时，不存在隐形利用，剩余岸线价值系数应为 1；一旦 $d_{i-i+1}>0$ ，其剩余利用价值迅速降低至 0，即 $d_{i-i+1}/L^*=0$ 为函数的断点。

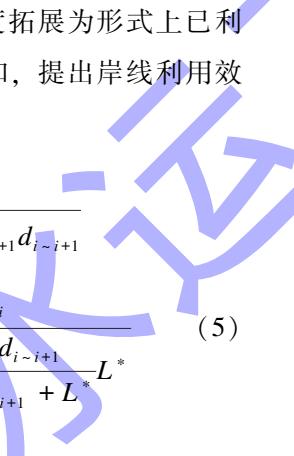
2) 随着 d_{i-i+1} 的增加， k_{i-i+1} 降低， l_{i-i+1} 不断

提高并趋于 1。如 $d_{i-i+1}/L^* = 1$ 时，两系数等于 0.5，意味着两泊位间的岸线长度虽然刚好可以再建设 1 个泊位，但是新建泊位在施工和运营中必定会对两侧产生影响，相当于这两个泊位因为没有连续建设从而产生了隐形的岸线消耗； d_{i-i+1}/L^* 介于 1~2 时，虽然不能刚好建设 2 个最优规模的泊位，但是可以降低其中一个的规模使得调节后的综合效益最大，因此此时的剩余岸线价值系数仍比 $d_{i-i+1}/L^* = 1$ 时的要高。

2.2 岸线利用效率的计算

由此可见，评价岸线的投入不仅要计算岸线利用率，还要根据各个泊位所处岸线的位置及泊位之间的距离来体现岸线集约性。为区别于岸线利用率，本文提出“岸线利用效率”这一指标，以期更加丰富地体现岸线的投入使用情况。

将已利用自然岸线的长度拓展为形式上已利用及隐形利用的岸线长度之和，提出岸线利用效率 K 的计算公式：

$$\begin{aligned} K &= \frac{\sum L_i}{S} \cdot \frac{\sum L_i}{\sum L_i + \sum k_{i-i+1} d_{i-i+1}} \\ &= \frac{\sum L_i}{S} \cdot \frac{\sum L_i}{\sum L_i + \sum \frac{d_{i-i+1}}{d_{i-i+1} + L^*}} \quad (5) \end{aligned}$$


3 岸线的产出效益指标

岸线的产出效益可分为经济效益和社会效益，其中经济效益通过泊位规模的适宜性、运营能力的适宜性来衡量，社会效益通过泊位是否为公用性质来衡量。

3.1 泊位规模的适宜性

港口开发应根据不同自然环境条件、水陆域资源条件、集疏运条件等确定泊位的最佳建设规模，岸线利用应遵循深水深用、浅水浅用，方能发挥岸线的最大价值。因此计算各泊位实际建设规模与宜建设规模的比值，在每一段岸线得出各泊位比值的平均值，从而判断泊位规模总体上是

否最优。据此，提出每段岸线上泊位规模的适宜性系数 E_1 的计算公式：

$$E_1 = \bar{e}_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_{1i} \quad (6)$$

$$e_{1i} = c_i / C^* \quad (7)$$

式中： e_{1i} 为第 i 个泊位的规模适宜性系数， c_i 为第 i 个泊位实际建设规模(吨级)， C^* 为宜建设规模(吨级)， n 为该岸线的总泊位个数。

3.2 运营能力的适宜性

港口的运营能力可以分为经营软实力和基础设施硬实力，其中基础设施能力由码头前沿装卸能力、水平运输能力、堆场仓储和装卸能力等协同决定，总体上以泊位的通过能力来表征；经营角度的能力则体现为在产业环境、行业环境及政策环境等的综合影响下，港口码头所有者令码头发挥的实际效益，用吞吐量表征最为直观便捷。有的码头虽然通过能力高但是受制于种种因素，吞吐量反而较低，说明岸线的作用没有最大发挥。因此，将泊位运营能力的适宜性定义为实际年吞吐量与行业领先装卸水平下的设计年通过能力之比。每段岸线上泊位运营能力的适宜性系数 E_2 按下式计算：

$$E_2 = \bar{e}_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_{2i} \quad (8)$$

$$e_{2i} = q_i / Q^* \quad (9)$$

式中： e_{2i} 为第 i 个泊位的运营能力适宜性系数； q_i 为第 i 个泊位的年吞吐量，万 t； Q^* 为相同规模时行业领先装卸水平下的设计年通过能力，万 t。

3.3 岸线的公用性

全国沿海港口各类非公用生产性泊位约占生产性泊位总数的 40%，以电力、钢铁、石化等企业配套码头及矿建材料码头为主^[11]。非公用的生产性泊位通常又称为货主码头，这类码头在建设时最为分散、较少考虑与周边岸线的集约利用，运营时由企业自主决策，对全港优化调度的帮助较小。为体现岸线的公用性对集约利用的影响，

提出每段岸线的公用性系数 E_3 的计算公式:

$$E_3 = \bar{e}_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_{3i} \pi \quad (10)$$

式中: e_{3i} 为第 i 个泊位的公用性系数, 对公用泊位取 1.0, 非公用泊位取 0.8。

4 岸线的集约利用度

结合上述岸线的投入指标和产出效益指标, 提出各段岸线及总岸线的集约利用度 I 的计算公式:

$$I = \sum_{j=1}^m \frac{S_j}{\sum S_j} I_j \quad (11)$$

$$I_j = K_j E_{1j} E_{2j} E_{3j} \quad (12)$$

式中: I_j 为第 j 段宜建港岸线的集约利用度, S_j 为第 j 段岸线的长度, m 为岸线的段数, K_j 为第 j 段岸线利用效率, E_{1j} 为第 j 段泊位规模的适宜性系数, E_{2j} 为第 j 段泊位运营能力的适宜性系数, E_{3j} 为第 j 段岸线的公用性系数。

5 案例分析

5.1 背景介绍

内河港口多沿江分段布置, 泊位集约性较差; 沿海港口风浪大, 大多建设突堤式港池, 泊位更为集中。因此, 针对内河岸线进行集约性分析更显重要和迫切。

西江航运干线水量丰富, 通航条件优越, 素有黄金水道之称, 是广东省最主要的内河航道。本文

选取西江中下游广东省内某港 A、B 作业区的岸线进行集约程度对比分析, 两作业区影像见图 5。



a) A 作业区



b) B 作业区

图 5 两作业区影像

两作业区各有一段规划岸线, 长度分别为 1 000、1 100 m, 各建有 7 个泊位, 数据见表 1。西江界首—思贤滘段航道的现状等级为 I 级, 两岸泊位的宜建设规模均为 3 000 吨级, 该规模所需的岸线长度取 100 m, 设计年通过能力取 100 万 t。

表 1 两作业区各泊位数据

| 作业区 | 码头 | 连续布置的泊位 | 泊位长度/m | 泊位间距/m | 泊位规模/吨级 | 吞吐量/万 t | 性质 |
|-----|----|---------|--------|--------|---------|---------|-----|
| A | 1 | 1 | 90 | 100 | 3 000 | 42 | 非公用 |
| | 2 | 2~4 | 270 | 0 | 3 000 | 129 | 非公用 |
| | 3 | 5~7 | 320 | 220 | 3 000 | 129 | 非公用 |
| | 合计 | - | 680 | - | - | 300 | - |
| B | 1 | 1~2 | 200 | 20 | 500 | 19 | 非公用 |
| | 2 | 3~6 | 388 | 112 | 800 | 62 | 非公用 |
| | 3 | 7 | 80 | 150 | 1 000 | 19 | 非公用 |
| | 合计 | - | 668 | - | - | 100 | - |

5.2 计算结果及分析

两作业区各参数的计算结果如表 2 所示，可以看出：1) 两作业区的岸线利用率十分接近，分别为 68% 和 61%，但是岸线利用效率差异大、比值达到 1.2，因为 B 作业区的泊位建设更分散，相当于消耗了更多岸线；A 作业区泊位规模均达到 3 000 吨级，而 B 作业区的泊位规模在 500~1 000 吨级范围，因此两作业区泊位规模的适宜性系数比值达到 3.9，差别最为显著；2) 两作业区泊位运营能力的适宜性系数都不高；3) 两作业区的泊位均为非公用泊位，因而岸线的公用性系数均为 0.8；4) 综合上述投入产出指标后，两作业区的岸线集约利用度有明显差异，A 作业区的岸线集约利用度为 19.8%，是 B 作业区的 8.6 倍，其主要差异是岸线产出效益的差别。

表 2 两作业区各参数计算结果

| 作业区 | $\rho/\%$ | $K/\%$ | E_1 | E_2 | E_3 | $I/\%$ |
|------|-----------|--------|-------|-------|-------|--------|
| A | 68.00 | 57.90 | 1.00 | 0.43 | 0.80 | 19.80 |
| B | 60.70 | 47.30 | 0.26 | 0.24 | 0.80 | 2.30 |
| 两者比值 | 1.10 | 1.20 | 3.90 | 1.80 | 1.00 | 8.60 |

结合岸线集约利用度的计算结果，分别对两作业区提出发展建议：1) A 作业区的泊位布置集中所以岸线利用效率较高，今后宜重点提升泊位的运营能力，从而提高岸线的经济效益和集约程度。2) B 作业区应重点关注泊位等级的提升，及时改造建设成为与通航条件相匹配的泊位，充分发挥航道比较优势，进一步提高岸线的集约化水平。

6 结语

1) 本文提出衡量岸线投入和产出的指标及其计算步骤，给出岸线集约利用度的含义和公式。该岸线集约衡量方法不仅可用于对现状岸线的评价，还可以推广应用到港口岸线规划中，用以衡量岸线的集中性、规模适宜性、公用性及整体的合理性。为岸线规划及开发提供指导，

为政府部门的管理提供抓手，坚持集约化绿色化发展，充分发挥每段岸线的资源优势，实现价值最大化。

2) 本文提出的岸线利用效率指标不同于常规仅用岸线利用率来体现岸线的投入，而是创新性提出隐形利用岸线和剩余岸线价值 2 个概念，丰富了对岸线使用情况的衡量，验证了港口集中化布置的科学依据，并建议内河港口关注对岸线的连片开发。

3) 岸线利用效率的计算宜借助电子计算机编写相关代码，便于自动计算。可基于更高效规范的岸线统计管理制度、更高精度的遥感影像处理技术，实现岸线利用效率的实时、动态更新，有利于港口发展中问题的发现和港口规划的改进。

4) 文中以内河岸线为例，将宜建设规模等参数作为常数。沿海岸线分析时可用港口规划中的泊位规模代替宜建设规模。

5) 文中提出的 3 个岸线产出效益指标将岸线的经济价值定量化、具象化、数字化，可有效指导岸线资源开发。

参考文献：

- [1] MARTÍNEZ-BUDRÍA E, DÍAZ-ARMAS R, NAVARRO-IBAÑEZ M, et al. A study of the efficiency of Spanish Port Authorities using data envelopment analysis [J]. International journal of transport economic, 1999, 26(2): 237-253.
- [2] DI VAIO A, LUISA V, FEDERICO A. Key performance indicators for developing environmentally sustainable and energy efficient ports: Evidence from Italy [J]. Energy policy, 2018, 122(10): 229-240.
- [3] ALLATE B M. Competitiveness evaluation of West Africa coastal countries ports: structure conduct performance approach [J]. Open journal of applied sciences, 2018, 8(9): 381-397.

(下转第 45 页)