



浙江省内河集装箱运输适用船型研究

仲南艳

(浙江省交通规划设计研究院, 浙江 杭州 310011)

摘要: 分析当前浙江省内河集装箱船型情况, 结合浙江省内河航道、跨航桥梁、控制性船闸等基础设施现状及发展规划, 提出适合浙江省的内河集装箱发展船型, 并分析其节能、高效、经济、适应性等特点。本研究对行业主管部门研究制定相关标准具有参考价值, 对全国内河集装箱运输发展具有借鉴意义。

关键词: 内河集装箱运输; 既有船型; 适用船型; 航道; 桥梁; 船闸

中图分类号: U 674.13⁺1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)05-0026-04

Matching ships for Zhejiang inland waterway container transportation

ZHONG Nan-yan

(Zhejiang Provincial Institute of Communications Planning, Design & Research, Hangzhou 310011, China)

Abstract: Based on the analysis of existing ships of Zhejiang inland waterway container transportation and researches on the present situation and development planning of the channel, bridge and navigation lock, this paper proposes the matching ships for developing Zhejiang inland waterway container transportation and analyzes its characteristics including energy saving, efficientness, economicalness and adaptability. The research has reference value for formulating relevant standards and also is of great significance to the development of Chinese inland waterway container transportation.

Keywords: inland waterway container transportation; existing ship; matching ship; channel; bridge; navigation lock

随着浙江省家庭拥有小汽车的持续增长以及社会对环境关注度的不断提升, 在已相对完善的公路网的既有承运能力下, 公路货运功能将逐渐弱化, 货运量增幅已持续放缓(浙江省“十一五”和“十二五”前3年公路货运平均增幅分别仅为3.2%、2.3%^[1])。而浙江省具备发展内河集装箱运输的条件^[2], 即基础设施、经济腹地、运输距离与船型, 尤其是随着内河通航条件的不断改善, 其经济、环保、便捷等优势日益凸显, 近几年呈倍数级增长态势(图1)。然而, 纵观浙江省现有的内河集装箱运输船型, 各码头、运输公司各自为战, 吨级、尺度等各不相同, 集装箱船型标准

亟待统一, 以利于促进内河集装箱运输的网络化、站点化、可持续发展。

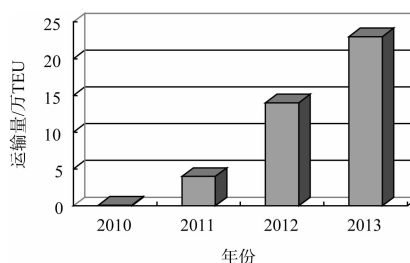


图1 内河集装箱运输增长趋势

1 集装箱船型限制因素

与一般散货船相比, 集装箱船一样受制于航道条件, 但由于集装箱的按层堆载性质, 跨航桥

收稿日期: 2014-08-28

作者简介: 仲南艳(1981—), 女, 硕士, 工程师, 从事水运工程设计与研究。

梁的净高尺度直接限制着集装箱船堆箱层数，同时船闸尺度、码头靠泊条件等亦是制约集装箱船型尺度的重要因素。

就具体技术参数而言，船舶长度受制于航道最小弯曲半径，船舶宽度受制于船闸及航道宽度，船舶设计吃水受制于船闸底高程及航道水深，集装箱装箱层数受制于桥梁净高；同时因船舶航行阻力与航道断面系数有关，需根据航道水下断面面积控制船舶横剖面浸水面积。

2 适用船型

2.1 既有航线、基础设施及船型情况

目前，浙江省已开通的内河集装箱航线有5条（4条外贸，1条内贸），全部集中在浙北杭嘉湖航区。全省正建设或规划建设的集装箱码头10余处，分布于全省各航区。

基础设施情况如下。1) 航道：仅梅湖线为天然航道，航道宽度一般超100 m，其余均为内河限制性航道，都是V级及以上航道，航道宽度一般在60 m以上，转弯半径在210 m以上（梅湖线部分弯道较弯，但水域宽阔），水深2.5 m以上（主要干线航道已达到或接近Ⅲ级航道3.2 m水深要求）。2) 桥梁：尚无一条航道的跨航桥梁净高全部达7 m，多数为5 m及以上，最矮桥梁设计净高为4.1 m。3) 船闸：有2座控制性船闸，设计尺度为12 m×2.5 m（净宽×最小水深）。根据浙江省内河航运发展规划，航道改造后，航道转弯半径、宽度和水深都将有所改善。4) 由于桥梁改造成本高、涉及面广、实施难度大，部分净高5 m及以上、改造难度特别巨大的桥梁仍将暂时保留。

既有船型由各码头和船公司各自建设，且行业尚无明确的建设尺度标准，实际船型尺度及箱载量参差不齐。船舶长、宽、设计吃水尺度在(45~57.8) m×(9.8~12.7) m×(2.1~2.6) m，箱载量有30、36、48、60、72 TEU不等。最大的72 TEU船为57.8 m×12.7 m×2.6 m、按4排×6列×3层布置，因跨航桥梁净空因素仍按2层装载，保有量少；48 TEU船占绝对多数，都是12.7 m宽，12.7 m宽集装箱船统称为超宽船型。超宽船型因

受制于控制性船闸，只能用于浙北至上海港航道情况较好的航线；根据超宽船型，按公式(1)计算所需双线航道宽度^[3]，并以常用复式梯形断面，按公式(2)计算得所需航道底宽>45 m（Ⅲ级航道底宽要求）。

$$\begin{cases} B_2 = B_{Fd} + B_{Fu} + d_1 + d_2 + C \\ B_{Fd} = B_{sd} + L_d \sin\beta \\ B_{Fu} = B_{su} + L_u \sin\beta \end{cases} \quad (1)$$

式中： B_2 为直线段双线航道宽度； B_{Fd} 、 B_{Fu} 为下、上行船舶航迹带宽度； B_{sd} 、 B_{su} 为下、上行船宽； L_d 、 L_u 为下、上行船长； β 为航行漂角； d_1 、 d_2 为下、上行船舶至航道边缘的安全距离； C 为船舶会船时的安全距离。

$$B_b = B_2 - (H - T)m \quad (2)$$

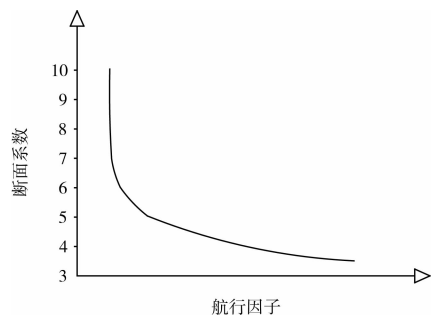
式中： B_b 为航道底宽； H 为航道水深； T 为船舶吃水； m 为航道边坡系数。

2.2 适用船型

2.2.1 船舶尺度

在通视及宽度较宽的前提下，弯曲半径可为货船长度的3倍^[4]。结合杭嘉湖地区航道弯曲半径实际情况，内河集装箱船长度应 ≤ 70 m。

不计特别窄航段，以60 m面宽、按常用复式梯形设定航道断面。船行波、航行阻力及船舶单位能耗等与航道断面系数关系曲线见图2^[5]，同时考虑到船舶航行时的下沉、纵倾及安全富裕，内河集装箱船宽度应 ≤ 10 m，最大设计吃水深度应 ≤ 2.8 m，该宽度可满足全省各控制性船闸过闸宽度要求，但需限制载箱量来控制实际吃水深度，以通过现有Ⅳ、Ⅴ级航道及各控制性船闸。



注：航行因子包括航行阻力、船行波、单位能耗。

图2 航道断面系数与船舶航行因子关系曲线

综合可知，要保证集装箱船在既有条件下安全、经济航行，集装箱船尺度需控制在 $70\text{ m} \times 10\text{ m} \times 2.8\text{ m}$ （船长 \times 船宽 \times 设计吃水）。

经某船舶设计研究院初步数值模拟，在该控制尺度下，设计按 3 排 \times 8 列布置集装箱的船技术可行，最大可按 3 层装载，载 72 TEU，设计适用船型与既有船型对比见图 3。

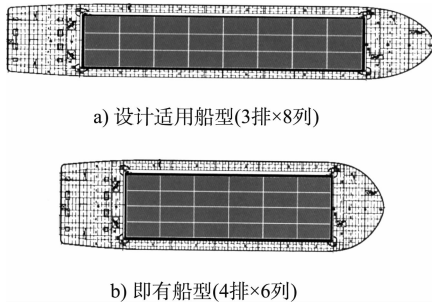


图 3 设计适用船型与既有船型对比

2.2.2 装箱层数与通过性

港口集装箱一般采用 20 ft (508 mm) 标准箱，外尺寸为 $6.1\text{ m} \times 2.44\text{ m} \times 2.59\text{ m}$ （长 \times 宽 \times 高），箱底距船外底 $0.5 \sim 0.7\text{ m}$ ，取 0.7 m ，则内河集装箱船装 2 层集装箱时净高 5.9 m ，装 3 层集装箱时净高 8.5 m 。考虑船舶航行时的倾斜及安全富裕，取净空安全富裕 0.5 m 。

最高通航水位时，船舶通航情况如图 4 所示。推荐适用船型按 2 层装箱，通过 2 座最矮的跨航桥梁（此时桥梁实际净高即为设计净高 4.1 m ）时，则船舶需根据吃水情况确定是否格仓加水压

载确保船舶实际吃水达 2.3 m ，以安全通过该桥；推荐适用船型按 3 层装箱，船舶根据吃水情况确定是否格仓加水压载使船舶实际吃水达 2.8 m ，则设计净高 6.2 m 的桥梁可安全通过；此时设计水深 2.5 m 的航道实际水深为 $3.9 \sim 4.5\text{ m}$ （杭嘉湖航道高低水位差为 $1.4 \sim 2.0\text{ m}$ ，全年 90% 时间的水位比低水位高 0.3 m 及以上^[6]），亦满足通航要求。上述尺度的确定为特别重大、改造异常困难且经济代价巨大的铁路桥、高速公路桥等净高尺度不达标的桥梁是否改造提供了重要的参考依据。推荐适用船型先后通过符合规范要求的设计净高 $5、7\text{ m}$ 的桥梁时分别按 2 层、3 层装箱，吃水分别仅需 $1.4、2.0\text{ m}$ ，即可安全通行。

最低通航水位时，桥梁实际净高比设计净高高一 $1.4 \sim 2.0\text{ m}$ ，船舶通航情况见图 4。推荐适用船型在 2.5 m 水深航道航行时，通过空箱与重箱组合将船舶吃水控制在 2.2 m 以内，确保船底与航道底的安全富余深度在 0.3 m 及以上，装 3 层时可自由通过设计净高 5.4 m （实际净高 $\geq 6.8\text{ m}$ ）及以下的桥梁；装 2 层时，通过最矮的桥梁仅需船舶吃水 0.9 m ，即无需压载可自由通过全部桥梁。推荐适用船型在 3.2 m 水深航道航行时，装 3 层时，根据吃水情况确定是否格仓加水压载使船舶实际吃水达 2.8 m ，可安全通过设计净高 4.8 m （实际净高 $\geq 6.2\text{ m}$ ）及以下的桥梁；装 2 层时无需压载可自由通过全部桥梁。

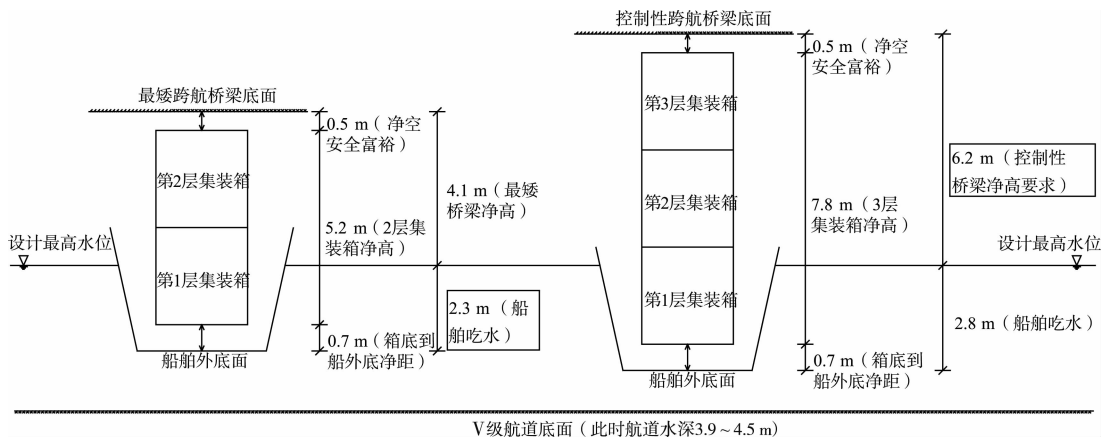


图 4 跨航桥梁净空尺度与船舶装箱层数及吃水深度关系

2.3 推荐适用船型

上述推荐适用船型虽与既有最大船型箱载量相同，但更符合内河限制性航道长、窄、深的特点，具有更好的经济性和更高的推广价值。

1) 降低航行阻力，减少单位运输能耗与排放。经计算，既有超宽船型对应断面系数较小，航行阻力较大，船行波较高，对航道护岸影响较大，航行能耗较高，不经济环保；而推荐适用船型较为细长，断面系数较大，航行阻力及船行波都较小，相对能耗较低。

2) 便于内河集装箱开展中继、站点化运输，提高运输效率。既有超宽船型对于航道条件及跨航桥梁情况变化适应性差，不便于开展中继运输，装载效率较低；而推荐适用船型可在条件不足的航段先装 2 层，进入条件较好的航段后再装 1 层，既统一了船型，又高效利用了运能，对于内河集装箱运输网络化、公交站点化发展具有较好的适用性和促进作用。

3) 对浙北航区基础设施改造前后情况均适用，且具有良好的经济性。随着浙江省内河水运复兴行动计划的实施，浙北内河航区基础设施情况将明显改善。届时，既有超宽船型因航行阻力较大、通用性不好、经济性较差等原因，不具有推广示范作用；而推荐适用船型待基础设施改善后可直接按 3 层装载，通用性和适应性强，经济效果好。

4) 适用于浙江省其他地区开展内河集装箱运输。目前，浙江省内河集装箱运输基本集中于浙北平原水网地区，浙东的杭甬运河、浙西的衢江、浙南的瓯江都尚未开通集装箱航线。既有超宽船

型因受制于多处控制性船闸而无法适用于其他航线；但推荐适用船型对上述航区普遍适用。

3 结语

浙江省内河集装箱运输将保持高速持续增长，并由浙北地区向全省范围拓展，但集装箱运输适用船型标准亟待统一。根据既有船舶情况、航道尺度及船舶航行特征，推荐适用船型尺度需控制在 70 m × 10 m × 2.8 m，可按 3 排 × 8 列布置，最高装 3 层（72 TEU）。最高通航水位时，跨航桥梁净高需达 6.2 m（吃水达 2.8 m），方可按 3 层装箱，其他水位时，净高要求随水深减小而降低，该尺度为跨航桥梁拆建提供参考。推荐适用船型窄、长，航行阻力低，可根据航道条件调整装箱层数，可满足全省内河基础设施控制性要求，因此运输效率较高、经济效益较好、可全省推广使用。

参考文献：

- [1] 浙江省交通运输厅. 浙江省交通统计年鉴[R]. 杭州: 浙江省交通运输厅, 2014.
- [2] 仲南艳, 韦明华, 王竹凌. 内河集装箱运输发展条件[J]. 集装箱化, 2013(6): 6-8.
- [3] GB 50139—2004 内河通航标准[S].
- [4] JTS 180-2—2011 运河通航标准[S].
- [5] 浙江省港航管理局, 浙江省交通规划设计研究院. 资源节约型限制性三级航道建设关键技术研究[R]. 杭州: 浙江省港航管理局, 2014.
- [6] 浙江省港航管理局. 杭嘉湖地区内河航道网通航水位研究[R]. 杭州: 浙江省港航管理局, 2009.

(本文编辑 郭雪珍)

