



# 基于实船观测的大型船舶回旋水域尺度研究

赵有明<sup>1</sup>, 刘学勇<sup>2</sup>, 戴冉<sup>3</sup>

(1. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007; 2. 中国交通建设股份有限公司, 北京 100088;  
3. 大连海事大学, 辽宁 大连 116026)

**摘要:** 我国原规范主要采用较小吨级船舶调头数据分析得出回旋水域尺度。为了验证原规范的规定是否能够满足大型乃至超大型船舶调头需要, 在我国多个典型港口, 通过实船观测共获得了 57 艘船舶的回旋水域半径数据样本, 并对这些实测数据进行统计分析, 得出大型船舶回旋水域尺度规律性结论, 为规范修订提供技术支持。

**关键词:** 实船观测; 大型船舶; 回旋水域

中图分类号: U 653.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)09-0042-06

## On turning circle of large vessels based on vessel observation

ZHAO You-ming<sup>1</sup>, LIU Xue-yong<sup>2</sup>, DAI Ran<sup>3</sup>

(1. CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China;

2. China Communications Consultants Co., Ltd., Beijing 100088, China; 3. Dalian Maritime University, Dalian 116026, China)

**Abstract:** The data from small vessels turning circle were used to analyze the scale of the turning circle in the original Chinese code. In order to verify whether the provisions of the code is available for the large vessel's turning around, we carry out a large number of full-scale large vessel observation tests in many typical ports in China, and obtain the sample data of 57 large vessels' turning circles. Based on the statistical analysis of these data, we get some regularity conclusions about the turning circle of the large vessel, which provides a technical support for the revision of the codes.

**Keywords:** observation test; large vessel; turning circle

近 10 余年来, 为满足我国经济发展对原油和铁矿石的运输及接卸需求, 我国陆续兴建了较多的大型码头。迄今为止, 能接纳 30 万吨级及以上矿石船或原油船的港口已增加到大连、青岛、日照、舟山、宁波、茂名和湛江等 10 余个。

在制定我国原 JTJ 211—1999《海港总平面设计规范》时, 确定回旋水域尺度主要基于对国内有掩护港口 5 000 ~ 100 000 吨级船舶操船数据统计分析得出<sup>[1-2]</sup>。原规范中的规定是否依然满足以上码头到港的大型乃至超大型船舶调头需要, 有必要进行研究论证。

为此, 本研究在我国多个典型港口, 通过实船观测获取船舶回旋水域半径数据样本, 并对这些实测数据进行统计分析, 得出大型船舶回旋水域尺度规律性结论, 为规范修订提供了技术支持。

## 1 数据采集方法与地点

### 1.1 数据采集方法<sup>[3]</sup>

本研究采用实际观测的数据采集方法。观测采用 AIS 接收机采集船舶静态和动态数据、同时记录 (或通过调查获取) 观测时的风向风速。

收稿日期: 2015-01-12

作者简介: 赵有明 (1976—), 男, 高级工程师, 从事港口、航道规划、设计、研究工作。

1.2 数据采集地点<sup>[3]</sup>

数据采集地点选取了一些有代表性的港口和港域。观测地点包括: 大连港、天津港码头、青岛港、上海港、宁波港和厦门港 (图 1~6)。

2 数据统计分析方法

回旋水域一般为不规则形状, 规范中一般用圆形或椭圆形水域来表示, 并用回旋直径作为设计规定取值。本研究通过 AIS 给出的船舶在码头前沿掉头或调整姿态时的位置数据确定回旋水域半径。

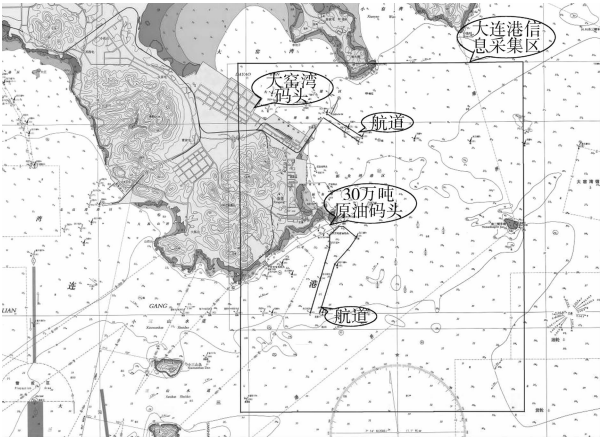


图 1 大连港数据采集区

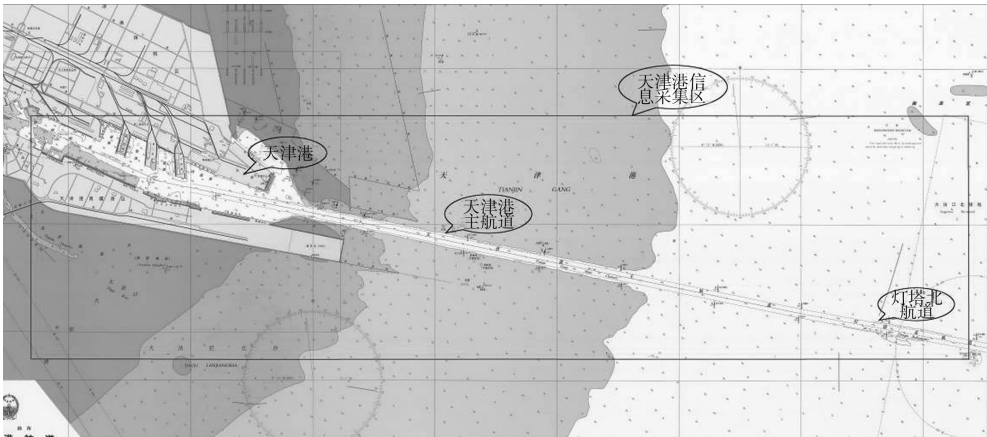


图 2 天津港数据采集区

根据 AIS 提供的实际船位、船艏向和 GPS 天线距离艏艉距离, 由某时刻船位就能够确定该时刻船体占用水域的最大边界点——船艏点和船艉点, 将这样的一组点记录下来就得出船舶掉头过程扫过的水域。以所有点中距离最大的 2 个点之间的长度为直径画圆, 便可以把掉头过程中所有点都包括在其中, 这便是船舶整个掉头过程所占用水域的最大值。

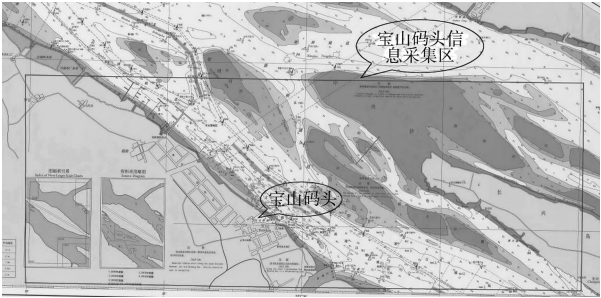


图 4 上海港数据采集区

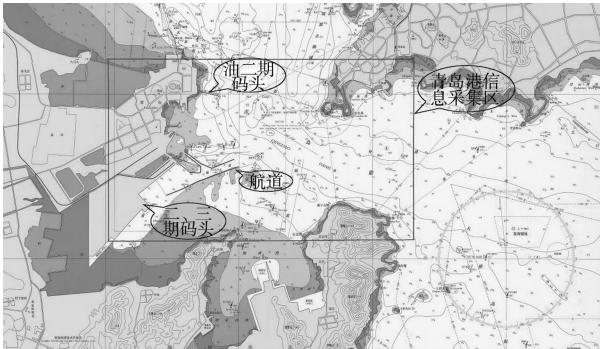


图 3 青岛港数据采集区



图 5 宁波港数据采集区

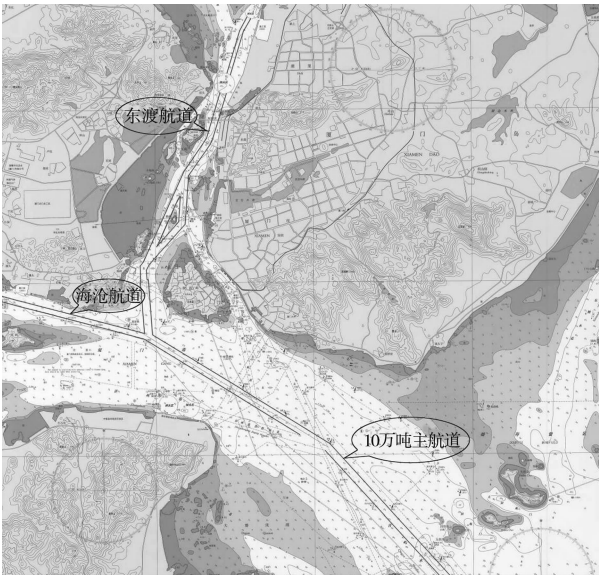


图 6 厦门港数据采集区

2 个船位点之间距离求取公式为：

$$D_d = \sqrt{(x_f^2 - x_i^2) + (y_f^2 - y_i^2)}$$
 (1)

式中： $x_f$ 、 $y_f$  为船舶在某一时刻船艏（或船艉）点的坐标； $x_i$ 、 $y_i$  为船舶为另一时刻船艏（或船艉）点的坐标。

求出所有时刻不同点间的距离  $D_{dj} (j = 1, 2, 3, \cdots, n)$ ，则

$$R = \frac{\max \{ D_{dj} \}}{2}$$
 (2)

这样，根据船舶回旋时的 AIS 位置数据，即可求得回旋水域半径  $R$ 。

在求得回旋水域半径  $R$  样本数据后，将  $R$  分级进行统计累计、绘制柱状图，再综合分析得出统计结果。

3 样本情况

本研究中有关港内船舶回旋水域半径的统计共取得 57 艘有效船舶样本，其中：集装箱船 42 艘、油轮 12 艘、散货 3 艘。各港口样本船舶类型见表 1。

表 1 各港船舶类型情况

| 港口 | 样本数量/艘 |    |    |    |
|----|--------|----|----|----|
|    | 集装箱    | 油轮 | 散货 | 小计 |
| 大连 | 4      | 2  |    | 6  |
| 天津 | 3      |    |    | 3  |
| 青岛 | 10     | 5  |    | 15 |
| 上海 | 4      |    | 3  | 7  |
| 宁波 | 1      | 5  |    | 6  |
| 厦门 | 20     |    |    | 20 |
| 合计 | 42     | 12 | 3  | 57 |

各港船舶调头水域均为人工开挖的受限水域，流速在 0.5 ~ 4.0 kn（由潮流表和海图上的潮流资料计算得出）；船舶掉头时为满载或相对满载的情况，拖轮配置  $k$  值在 5% ~ 10%。各样本主要情况见表 2。

表 2 回旋水域半径统计数据

| 地点 | 序号 | IMO 编号  | 船名                | 日期<br>(月-日) | 船型   | DWT/万 t  | 船长<br>L/m | 旋回半径<br>R/m | R/L  | 水域<br>情况 |
|----|----|---------|-------------------|-------------|------|----------|-----------|-------------|------|----------|
| 大连 | 1  | 9289104 | MSC LUCY          | 11-03       | 集装箱船 | 14.049 6 | 325       | 303.71      | 0.93 | 掩护       |
|    | 2  | 9309459 | NSC SILVANA       | 11-05       | 集装箱船 | 10.796 5 | 332       | 187.82      | 0.57 | 掩护       |
|    | 3  | 9327554 | BUNGAKA STURIENAm | 11-07       | 巨型油轮 | 30.000 0 | 332       | 486.91      | 1.47 | 开敞       |
|    | 4  | 9345439 | COSCO AFRICA      | 11-17       | 集装箱船 | 12.000 0 | 349       | 402.08      | 1.15 | 掩护       |
|    | 5  | 9313137 | YAMATOG AWA       | 11-28       | 巨型油轮 | 30.500 0 | 333       | 275.17      | 0.83 | 开敞       |
|    | 6  | 9318101 | MSC XIAN          | 11-28       | 集装箱船 | 10.147 7 | 334       | 277.21      | 0.83 | 掩护       |
| 宁波 | 7  | 9307217 | XIN LOS ANGELES   | 07-02       | 集装箱船 | 11.188 9 | 337       | 328.99      | 0.98 | 开敞       |
|    | 8  | 9014470 | NEW VITALITY      | 07-17       | 油品船  | 29.069 1 | 330       | 395.81      | 1.20 | 开敞       |
|    | 9  | 9295024 | XIN NING YANG     | 07-24       | 巨型油轮 | 29.800 0 | 330       | 322.89      | 0.98 | 开敞       |
|    | 10 | 9118393 | OVERSEA S REGAL   | 07-25       | 油品船  | 30.989 2 | 329       | 490.96      | 1.49 | 开敞       |
|    | 11 | 9337171 | COSPEAR L LAKE    | 08-19       | 巨型油轮 | 29.830 0 | 318       | 422.61      | 1.33 | 开敞       |
|    | 12 | 9002609 | LA ESP ERANZA     | 08-30       | 油品船  | 29.970 0 | 344       | 448.14      | 1.30 | 开敞       |

|    |    |         |                    |             |      |          |           |             |      | 续表       |
|----|----|---------|--------------------|-------------|------|----------|-----------|-------------|------|----------|
| 地点 | 序号 | IMO 编号  | 船名                 | 日期<br>(月-日) | 船型   | DWT/万 t  | 船长<br>L/m | 旋回半径<br>R/m | R/L  | 水域<br>情况 |
| 青岛 | 13 | 9260419 | AXEL MAERSK        | 01-04       | 集装箱船 | 10.469 6 | 352       | 280.52      | 0.80 | 掩护       |
|    | 14 | 9312511 | MAERSK NEPTUNE     | 01-10       | 巨型油轮 | 30.000 0 | 334       | 353.28      | 1.06 | 开敞       |
|    | 15 | 9081174 | SAMHO CROWN        | 01-13       | 油品船  | 30.048 2 | 330       | 566.5       | 1.72 | 开敞       |
|    | 16 | 9222297 | CMA CGMBERLIOZ     | 01-14       | 集装箱船 | 8.022 7  | 300       | 243.85      | 0.81 | 掩护       |
|    | 17 | 9339296 | MSC ASYA           | 01-14       | 集装箱船 | 11.205 3 | 337       | 375.42      | 1.11 | 掩护       |
|    | 18 | 9211494 | MAERSK_KYRENIA     | 01-16       | 集装箱船 | 8.270 0  | 300       | 214.67      | 0.72 | 掩护       |
|    | 19 | 9102265 | TI HAWTAH          | 01-17       | 油品船  | 30.036 1 | 345       | 272.53      | 0.79 | 开敞       |
|    | 20 | 9334662 | MAERSK TAIKUNG     | 01-17       | 集装箱船 | 10.000 0 | 332       | 261.94      | 0.79 | 掩护       |
|    | 21 | 9345439 | COSCO AFRICA       | 07-20       | 集装箱船 | 12.000 0 | 349       | 266.88      | 0.76 | 掩护       |
|    | 22 | 9198587 | CORNELIUS MAERSK   | 07-21       | 集装箱船 | 10.469 6 | 347       | 328.26      | 0.95 | 掩护       |
|    | 23 | 9302889 | GRETE MAERSK       | 01-21       | 集装箱船 | 11.570 0 | 367       | 323.34      | 0.88 | 掩护       |
|    | 24 | 9081174 | SAMHO CROWN        | 07-22       | 油品船  | 30.048 2 | 330       | 298.07      | 0.90 | 开敞       |
|    | 25 | 9222273 | CMA CGM BALZAC     | 08-18       | 集装箱船 | 7.500 0  | 300       | 207.72      | 0.69 | 掩护       |
|    | 26 | 9179713 | ALGARVE            | 08-21       | 油品船  | 29.899 7 | 332       | 324.93      | 0.98 | 掩护       |
| 上海 | 27 | 9305477 | COSCO GERMANY      | 08-23       | 集装箱船 | 12.000 0 | 333       | 231.81      | 0.70 | 掩护       |
|    | 28 | 9215866 | HYUNDAI PATRIOT    | 01-02       | 集装箱船 | 7.300 0  | 303       | 317.32      | 1.05 | 开敞       |
|    | 29 | 9406477 | BAOSTEEL EVOLUTION | 01-04       | 散货船  | 20.619 0 | 300       | 288.62      | 0.96 | 开敞       |
|    | 30 | 9285976 | CSCL ASIA          | 01-06       | 集装箱船 | 9.950 0  | 334       | 518.19      | 1.55 | 开敞       |
|    | 31 | 9289116 | MSC RITA           | 01-11       | 集装箱船 | 10.485 0 | 324       | 416.16      | 1.28 | 开敞       |
|    | 32 | 8415964 | BERGE SHAN         | 01-24       | 散货船  | 20.069 2 | 300       | 245.88      | 0.82 | 开敞       |
|    | 33 | 9031272 | MV GRAND MIRSINIDI | 07-19       | 散货船  | 17.297 2 | 303       | 295.67      | 0.98 | 开敞       |
| 天津 | 34 | 9225677 | MSC LUISA          | 08-30       | 集装箱船 | 8.592 7  | 300       | 325.88      | 1.09 | 开敞       |
|    | 35 | 9318046 | CMA CGM CARMEN     | 07-11       | 集装箱船 | 10.080 0 | 334       | 342.76      | 1.03 | 掩护       |
|    | 36 | 9312755 | HANJIN XIAMEN      | 08-15       | 集装箱船 | 7.900 0  | 304       | 219.2       | 0.72 | 掩护       |
|    | 37 | 9349667 | MV FIFTH OCEAN     | 08-23       | 集装箱船 | 8.000 0  | 304       | 233.51      | 0.77 | 掩护       |
| 厦门 | 38 | 9085558 | KAREN MAERSK       | 01-02       | 集装箱船 | 8.490 0  | 318       | 447.53      | 1.41 | 开敞       |
|    | 39 | 9305570 | COSCO GUANGZHOU    | 01-03       | 集装箱船 | 10.749 2 | 350       | 454.82      | 1.30 | 开敞       |
|    | 40 | 9309461 | MSC TOMOKO         | 01-03       | 集装箱船 | 10.791 5 | 332       | 398.54      | 1.20 | 开敞       |
|    | 41 | 9308649 | MAERSK SINGAPORE   | 01-05       | 集装箱船 | 9.754 3  | 334       | 389.55      | 1.17 | 开敞       |
|    | 42 | 9332511 | MAERSK TANJONG     | 01-07       | 集装箱船 | 10.000 0 | 333       | 475.6       | 1.43 | 开敞       |
|    | 43 | 9211482 | MAERSK KLAIPEDA    | 01-09       | 集装箱船 | 8.090 0  | 300       | 343.87      | 1.15 | 开敞       |
|    | 44 | 9221815 | CMA CGM VERLAINE   | 01-12       | 集装箱船 | 7.950 1  | 300       | 351.11      | 1.17 | 开敞       |
|    | 45 | 9321548 | EDITH MAERSK       | 01-12       | 集装箱船 | 13.000 0 | 398       | 325.62      | 0.82 | 开敞       |
|    | 46 | 9345403 | COSCO ASIA         | 01-16       | 集装箱船 | 10.996 8 | 349       | 393.5       | 1.13 | 开敞       |
|    | 47 | 9256482 | OOCL NINGBO        | 01-17       | 集装箱船 | 9.960 0  | 323       | 423.94      | 1.31 | 开敞       |
|    | 48 | 9285990 | MSC BALTIC         | 01-20       | 集装箱船 | 9.950 0  | 334       | 341.74      | 1.02 | 开敞       |
|    | 49 | 9162215 | MAERSK KARACHI     | 01-23       | 集装箱船 | 8.866 9  | 300       | 344.49      | 1.15 | 开敞       |
|    | 50 | 9225641 | MSC ILONA          | 01-29       | 集装箱船 | 8.589 0  | 300       | 252.37      | 0.84 | 开敞       |
|    | 51 | 9221839 | CMA CGM RAVEL      | 07-01       | 集装箱船 | 7.946 5  | 300       | 369.93      | 1.23 | 开敞       |
|    | 52 | 9345403 | COSCO ASIA         | 07-01       | 集装箱船 | 10.996 8 | 349       | 435.61      | 1.25 | 开敞       |
|    | 53 | 9349502 | HATTA              | 07-06       | 集装箱船 | 7.700 0  | 306       | 392.27      | 1.28 | 开敞       |
|    | 54 | 9211494 | MAERSK KYRENIA     | 07-09       | 集装箱船 | 8.270 0  | 300       | 309.19      | 1.03 | 开敞       |
|    | 55 | 9146479 | SORFIE MAERSK      | 08-21       | 集装箱船 | 10.469 6 | 347       | 404.72      | 1.17 | 开敞       |
|    | 56 | 9221839 | CMA CGM RAVEL      | 08-29       | 集装箱船 | 7.946 5  | 300       | 345.06      | 1.15 | 开敞       |
|    | 57 | 9349538 | AL MANAMAH         | 08-30       | 集装箱船 | 7.700 0  | 306       | 373.59      | 1.22 | 开敞       |

4 统计结果与分析

4.1 总体情况

根据以上样本数据，计算得出回旋水域半径  $R$  与船长比均值为 1.06、变异系数  $\beta$  为 0.1%；与船长比值多集中在 0.75 ~ 1.25，共 50 个、占 87.7%（表 2）。回旋半径与船长比柱状分布见图 7。

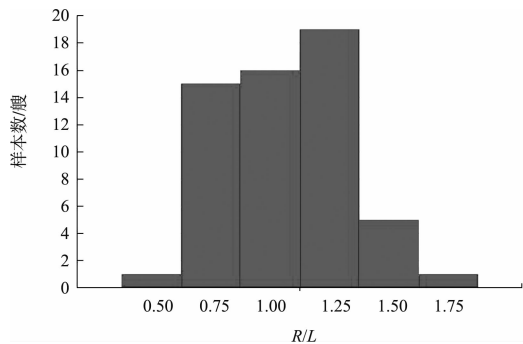


图 7 船舶转头  $R/L$

4.2 开敞水域内样本情况

1) 总体情况。

开敞式水域共取得有效船舶样本数据 39 艘，船舶回旋水域半径与船长比的均值为 1.16、变异系数  $\beta$  为 3.3%；与船长比值多数集中在 1.00 ~ 1.25，共 28 个、占 71.8%。回旋半径与船长比柱状分布见图 8。

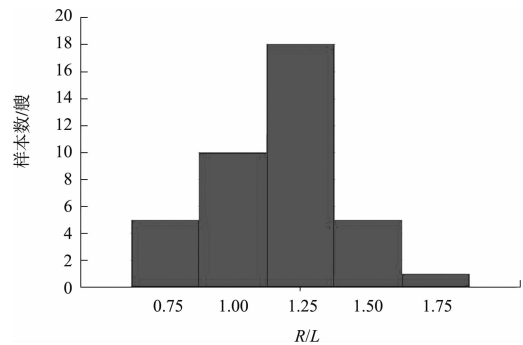


图 8 开敞水域船舶转头  $R/L$

2) 集装箱船情况。

开敞式水域集装箱船舶样本数据 25 艘，船舶回旋水域半径与船长比的均值为 1.18、变异系数  $\beta$  为 3.5%；与船长比值多数集中在 1.0 ~ 1.25，共 20 个、占 80.0%。回旋半径与船长比柱状分布见图 9。

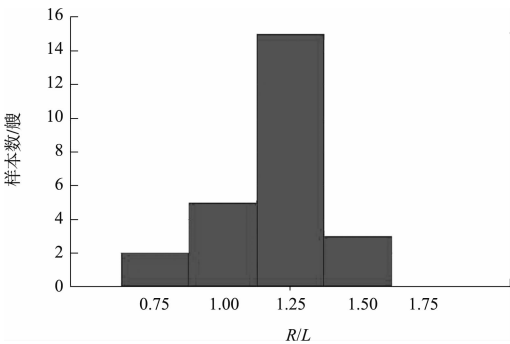


图 9 开敞水域集装箱船转头  $R/L$

3) 大型散货船情况。

开敞式水域大型散货船舶样本数据 14 艘，船舶回旋水域半径与船长比的均值为 1.13、变异系数  $\beta$  为 7.1%，多数集中在 0.75 ~ 1.25，共 11 个、占 78.6%。回旋半径与船长比柱状分布见图 10。

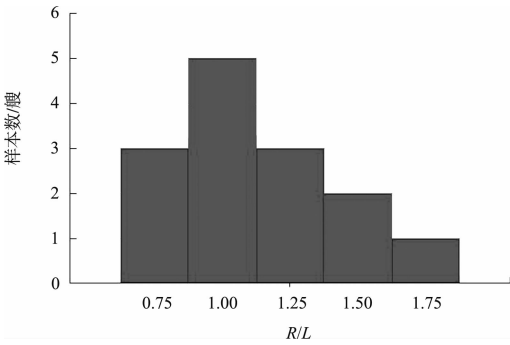


图 10 开敞水域大型散货船转头  $R/L$

4.3 有掩护水域内样本情况

1) 总体情况。

有掩护水域内共取得有效船舶样本数 18 艘，船舶回旋水域半径与船长比的均值为 0.84、变异系数  $\beta$  为 7.6%；与船长比值多数集中在 0.75 ~ 1.0，共 16 个、占 88.9%。回旋半径与船长比柱状分布见图 11。

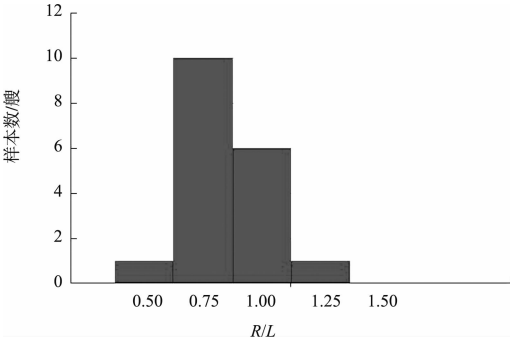


图 11 有掩护水域船舶转头  $R/L$

2) 集装箱船情况。

有掩护水域集装箱船舶样本数据 17 艘, 船舶回旋水域半径与船长比的均值为 0.84、变异系数  $\beta$  为 8.1%, 集中在 0.75 ~ 1.0, 共 15 个、占 88.2%。回旋半径与船长比柱状分布见图 12。

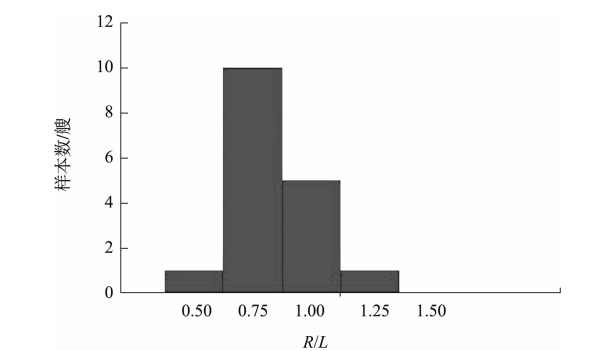


图 12 有掩护水域集装箱船转头  $R/L$

3) 大型散货船情况。

有掩护水域大型散货船舶样本数据 1 艘, 船舶回旋水域半径与船长比为 0.98。

表 3 为以上统计分析结果汇总。

| 表 3 船舶转头 $R/L$ 统计 |       |      |            |                     |
|-------------------|-------|------|------------|---------------------|
| 港域                | 船型    | 均值   | 变异<br>系数/% | $R/L$<br>集中情况及占比    |
| 开敞<br>水域          | 全部    | 1.16 | 3.3        | 1.00 ~ 1.25 占 71.8% |
|                   | 集装箱船  | 1.18 | 3.5        | 1.00 ~ 1.25 占 80.0% |
|                   | 大型散货船 | 1.13 | 7.1        | 0.75 ~ 1.25 占 78.6% |
| 有掩护<br>水域         | 全部    | 0.84 | 7.6        | 0.75 ~ 1.00 占 88.9% |
|                   | 集装箱船  | 0.84 | 8.1        | 0.75 ~ 1.00 占 88.2% |
|                   | 大型散货船 | 0.98 |            |                     |
| 总体                |       | 1.06 | 0.1        | 0.75 ~ 1.25 占 87.7% |

4.4 其他

船舶回旋水域是设置在方便船舶进出港和靠近码头的水域, 其尺度确定应考虑当地条件 (风、浪、流、水深等)、船舶自身性能和港作拖轮配备等因素。

受水流影响较大的港口, 应适当加长转头水域沿水流方向的长度。在实际工程设计中, 经过操船模拟试验后, 很多潮流没有超过 2 kn 时即需要加长转头水域; 美国规范规定: 加长船舶转头地的流速为 0.8 m/s。

对于配有侧推船舶者, 其回旋水域半径可适当减小, 国外有资料给出  $0.6L \sim 0.75L$ ; 若没有侧推, 则其回旋圆水域可适当增大。

4.5 小结

- 1) 对于 10 万吨级以上的大型及超大型船舶, 一般情况下 (潮流不大) 回旋圆半径约为 1 倍设计船长, 与原 JTJ 211—1999《海港总平面设计规范》规定值相当, 与国外一些有代表性海港回旋圆半径尺度 ( $1.0L \sim 1.25L$ ) 也相当。
- 2) 船舶在开敞水域中的回旋水域半径比在有掩护的水域内船舶回旋水域半径大。在回旋水域半径小于等于 1 倍船长的 25 个样本中有 15 个样本来自有掩护水域; 回旋水域半径大于 1 倍船长的 32 个样本中有 29 个样本来自开放水域, 有掩护水域 3 个。

3) 集装箱船舶与大型散货船舶在开敞水域中的回旋水域半径与船长比值基本相当; 而在有掩护水域中集装箱船舶的回旋水域半径与船长比值较小, 大型散货船舶较大。

4) 本研究集装箱船、油船样本较多, 矿石等固体散货船的样本数量较少。今后需补充该类船舶调头尺度观测, 并完善其分析。

5 结语

船舶在开敞水域中的回旋水域半径比在有掩护的水域内船舶回旋水域半径大, 但绝大多数均在原 JTJ 211—1999《海港总平面设计规范》的规定值范围内; 大型船舶在港口的回旋水域半径与原规范的规定值相当。

参考文献:

[1] JTJ 211—1999 海港总平面设计规范[S].

[2] JTJ 295—2000 开敞式码头设计与施工技术规范[S].

[3] 大连海事大学. 大型船舶回旋水域、制动距离及航道尺度实船测量研究报告[R]. 大连: 大连海事大学, 2008.

(本文编辑 郭雪珍)