



基于实船资料的大型船舶拖轮配置研究

赵有明¹, 戴 冉²

(1. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007; 2. 大连海事大学, 辽宁 大连 116026)

摘要: 对 125 艘船舶的拖轮配备数据进行统计分析, 得出大型船舶拖轮配置规律, 为规范修订提供技术支持。

关键词: 实船观测; 大型船舶; 拖轮配置

中图分类号: U 66

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)07-0047-04

Tug allocation of large vessels based on vessel data

ZHAO You-ming¹, DAI Ran²

(1. CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China; 2. Dalian Maritime University, Dalian 116026, China)

Abstract: Based on the statistical analysis of the data concerning the tug allocation of 125 sample vessels, we acquire the allocation laws of large-vessel tugs to serve a technical support for the modification of codes.

Keywords: vessel observation; large vessel; tug allocation

为满足我国经济发展对原油和铁矿石运输及装卸的需求, 我国陆续兴建了许多大型码头。迄今, 大连、青岛、日照、舟山、宁波、茂名和湛江等 10 余个港口能接纳 30 万 t 以上矿石船或原油船。

我国规范 JTJ 211—1999《海港总平面设计规范》^[1]对于拖轮配置采用总功率系数法。其中的拖轮配置系数是否适用于大型乃至超大型船舶, 有必要进行研究论证^[1-2]。

本研究是该规范修订的众多工作之一。调研实船数据采集样本并进行统计分析, 得出大型船舶拖轮配置规律性结论, 为规范修订提供技术支持。

航道、港池水域)、宁波港(外航道、港池水域), 涵盖有掩护水域和开敞水域。各港拖轮辅助作业位置如图 1~3 所示。

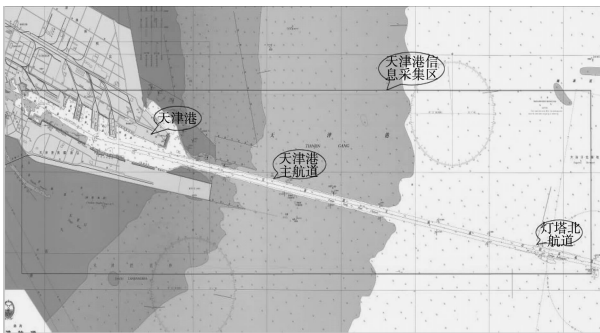


图 1 天津港拖辅助作业区

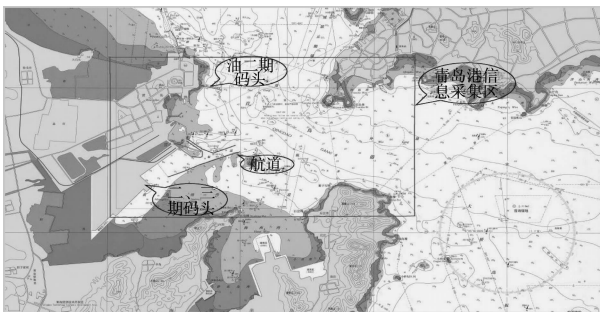


图 2 青岛港拖辅助作业区

1 数据来源与地点

1.1 数据来源

采用实船操纵数据——由到观测地点的引航站、轮驳公司和海事局等单位或部门调研查取的数据^[3]。

1.2 数据调研地点

数据调研选取了 3 个有代表性的港口和港域——天津港(主航道、港池水域)、青岛港(主

收稿日期: 2014-11-06

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

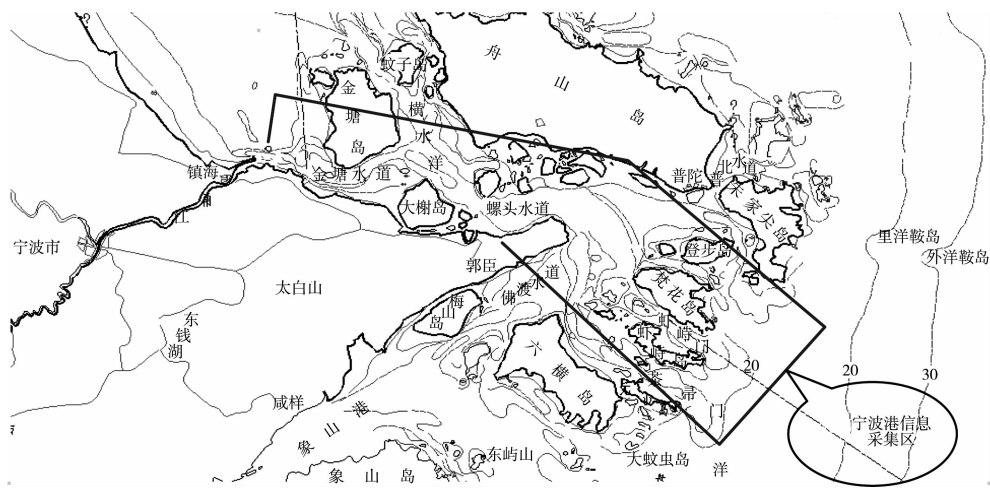


图 3 宁波港拖辅助作业区

2 数据统计分析方法

船舶操纵中拖轮的使用是否适当是保证航行和靠离泊作业安全的重要因素之一。本研究中拖轮配备规律是依据样本船舶操纵时所使用拖轮的情况，即拖轮配置系数。拖轮配置系数计算如下：

$$k = \frac{BHP}{DWT} \tag{1}$$

式中： k 为拖轮配置系数； BHP 为所使用拖轮的总功率（kW）； DWT 为船舶的总载重吨（t）。

在求得拖轮配置系数 k 样本数据后，将 k 进行分级统计累计、绘制柱状图，再综合分析得出统计结果。

3 统计结果与分析

3.1 总体情况

有关拖轮配置的统计共取得有效船舶样本数 125 艘。各港样本总体情况见表 1，各样本拖轮使用情况见表 2。

表 1 拖轮使用统计样本总体情况

港口	船舶数/艘	船舶范围、类型、大小	使用时间	风况	流况
天津港	68	国内外大型集装箱船、散货船，8 万吨级及以上	2008-07-08	SW 向为主，4~6 级	NW 或 SE 向，0.5~1.5 kn
青岛港	25	国内外大型集装箱船、散货船，5 万吨级及以上	2008-01	N 向为主，3~6 级	NW 或 SE 向，1.5~2.0 kn
宁波港	32	国内外大型集装箱船、散货船，10 万吨级及以上	2009-11-12	N 向为主，4~6 级	NW 或 SE 向，1.5~4.0 kn

表 2 各港样本拖轮使用情况

港口	序号	DWT/t	功率/kW	k/%	序号	DWT/t	功率/kW	k/%	序号	DWT/t	功率/kW	k/%	序号	DWT/t	功率/kW	k/%
天津港	1	120 000	7 356	6.1	18	100 800	6 178	6.1	35	318 620	14 712	4.6	52	103 890	7 356	7.1
	2	105 014	8 238	7.8	19	88 686	7 502	8.5	36	105 008	7 356	7.0	53	120 000	7 502	6.3
	3	115 000	7 502	6.5	20	120 000	7 356	6.1	37	99 600	7 356	7.4	54	80 000	6 620	8.3
	4	120 000	7 356	6.1	21	205 000	15 594	7.6	38	104 955	7 356	7.0	55	80 000	7 356	9.2
	5	120 000	7 356	6.1	22	99 600	7 356	7.4	39	99 600	8 828	8.9	56	82 135	14 858	18.1
	6	99 000	8 092	8.2	23	101 530	7 502	7.4	40	120 000	16 184	13.5	57	115 700	7 502	6.5
	7	79 500	8 092	10.2	24	101 491	7 502	7.4	41	79 000	8 092	10.2	58	101 496	8 092	8.0
	8	99 000	7 502	7.6	25	110 860	7 502	6.8	42	79 000	7 356	9.3	59	107 500	7 502	7.0
	9	104 696	7 356	7.0	26	99 600	7 356	7.4	43	108 461	14 122	13.0	60	99 600	7 356	7.4
	10	107 915	7 356	6.8	27	99 600	7 502	7.5	44	205 000	15 594	7.6	61	104 955	14 858	14.2
	11	99 123	8 828	8.9	28	103 614	7 356	7.1	45	101 818	7 502	7.4	62	107 965	7 502	6.9
	12	99 500	7 502	7.5	29	100 870	14 858	14.7	46	107 500	7 502	7.0	63	103 890	14 858	14.3
	13	79 000	8 092	10.2	30	120 000	7 356	6.1	47	100 870	7 502	7.4	64	79 000	7 356	9.3
	14	103 717	7 356	7.1	31	115 700	7 356	6.4	48	101 818	7 356	7.2	65	79 000	7 356	9.3
	15	79 000	7 356	9.3	32	80 866	6 178	7.6	49	107 500	7 502	7.0	66	305 704	11 770	3.9
	16	103 717	7 502	7.2	33	99 563	7 356	7.4	50	205 000	7 502	3.7	67	101 530	7 356	7.2
	17	309 892	14 858	4.8	34	120 000	14 712	12.3	51	100 870	7 502	7.4	68	103 890	14 712	14.2

续表																
港口	序号	DWT/t	功率/kW	k/%	序号	DWT/t	功率/kW	k/%	序号	DWT/t	功率/kW	k/%	序号	DWT/t	功率/kW	k/%
青 岛 港	1	84 813	7 350	8.7	8	104 696	7 350	7.0	15	309 600	20 580	6.6	22	309 600	13 965	4.5
	2	99 600	7 350	7.4	9	61 470	2 940	4.8	16	300 482	7 350	2.4	23	82 700	7 350	8.9
	3	104 696	7 350	7.0	10	300 000	7 350	2.5	17	103 890	7 350	7.1	24	85 250	7 350	8.6
	4	88 669	7 350	8.3	11	300 000	7 350	2.5	18	80 227	2 352	2.9	25	85 000	7 350	8.6
	5	61 470	2 352	3.8	12	104 696	7 350	7.0	19	112 053	5 880	5.2				
	6	99 600	7 350	7.4	13	46 645	4 557	9.8	20	82 700	7 350	8.9				
	7	300 349	20 580	6.9	14	80 227	7 350	9.2	21	62 905	2 940	4.7				
宁 波 港	1	102 418	11 172	10.9	9	306 474	14 112	4.6	17	157 327	10 437	6.6	25	151 357	11 216.1	7.4
	2	107 492	10 731	10.0	10	299 990	14 994	5.0	18	147 048	10 878	7.4	26	174 757	147 00	8.4
	3	111 737	11 172	10.0	11	299 097	13 818	4.6	19	159 829	10 584	6.6	27	114 840	11 510.1	10.0
	4	110 697	11 172	10.1	12	300 155	18 816	6.3	20	149 321	11 466	7.7	28	173 800	19 198.2	11.0
	5	194 153	16 508	8.5	13	298 561	18 228	6.1	21	206 312	14 553	7.1	29	130 102	20 080.2	15.4
	6	189 031	14 259	7.5	14	104 200	9 702	9.3	22	173 813	12 348	7.1	30	121 946	20 712.3	17.0
	7	184 320	15 670	8.5	15	146 591	10 584	7.2	23	276 357	14 700	5.3	31	165 181	24 446.1	14.8
	8	158 200	12 936	8.2	16	154 578	11 172	7.2	24	174 261	11 216.1	6.4	32	121 946	20 712.3	17.0

对 3 个港口取得的 125 个有效样本统计分析, 得出拖轮配置系数 k 的均值为 7.9% (表 2)、变异系数 β 为 36%。 k 值多集中在 5.8% ~ 9.7%, 共 86 个、占 68.8%。船舶拖轮使用统计结果如图 4 所示。

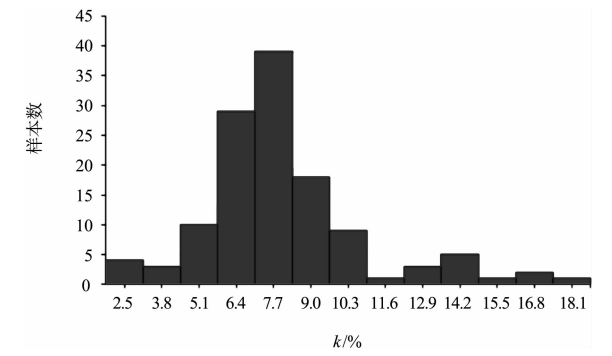


图 4 船舶拖轮使用统计结果

3.2 天津港样本情况

对天津港取得的 68 个有效样本统计分析, 得出拖轮配置系数 k 的均值为 8.2%、变异系数 β 为 32%。 k 值多集中在 5.8% ~ 9.7%, 共 53 个、占 77.9%。天津港船舶拖轮使用统计结果如图 5 所示。

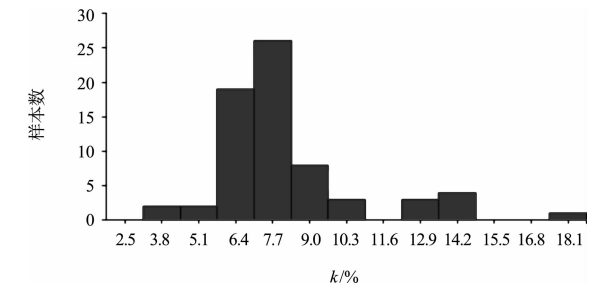


图 5 天津港船舶拖轮使用统计结果

3.3 青岛港样本情况

对青岛港取得的 25 个有效样本统计分析, 得出拖轮配置系数 k 的均值为 6.4%、变异系数 β 为 45%。 k 值多集中在 4.5% ~ 9.7% 之间, 共 19 个、占 76.0%。青岛港船舶拖轮使用统计结果如图 6 所示。

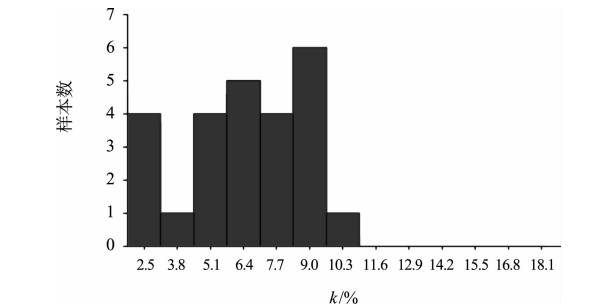


图 6 青岛港船舶拖轮使用统计结果

3.4 宁波港样本情况

对宁波港取得的 32 个有效样本统计分析, 得出拖轮配置系数 k 的均值为 8.7%、变异系数 β 为 38%。 k 值多集中在 4.5% ~ 11.0%, 共 27 个、占 84.3%。宁波港船舶拖轮使用统计结果如图 7 所示。

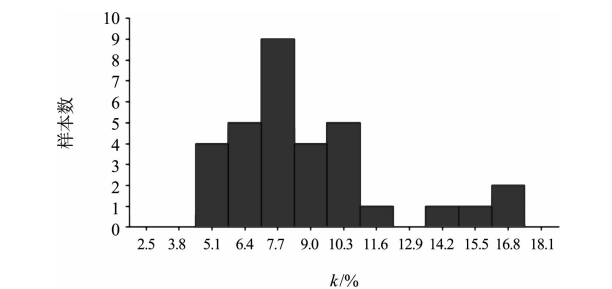


图 7 宁波港船舶拖轮使用统计结果

对 3 个港口拖轮使用情况汇总及进一步统计的结果见表 3。

表 3 拖轮配置系数 k 统计

港口	均值	变异系数	集中情况及占比/%	>5% 占比/%	≥8% 占比/%	≥10% 占比/%
3 个港	7.9	36	5.8~9.7 占比 68.8	88.8	36.0	16.8
天津港	8.2	32	5.8~9.7 占比 77.9	94.1	32.4	16.9
青岛港	6.4	45	4.5~9.7 占比 76.0	68.0	32.0	0
宁波港	8.7	38	4.5~11 占比 84.3	87.5	46.9	31.3

3.5 统计分析

通过统计可以看出，对于大型船舶航行、靠离泊操纵，3 个港口的拖轮配置明显高于规范^[1]的规定值，即：拖轮配置 k 系数取 5%； k 值总体多集中在 5.8%~9.7%（占 68.8%）， k 值 >5%、≥8%、≥10% 分别占比为 88.8%、36.0%、16.8%，其中宁波港因潮流较强 k 值更大，天津港、青岛港风流较小 k 值较小。另外，调研大连港大型船舶操纵拖轮配置可知， k 多为 6.0%~7.4%，也基本与前面 3 个港的统计结果一致。

4 相关分析

船舶在航道内航行及靠离泊过程中，需要克服风、浪、流的作用力，船舶借助于拖船辅助航行、靠离泊所需的拖船数量和功率取决于船舶尺

度、作业条件（风、浪、流等）等因素。规范^[1]中给出的港作拖船总功率计算方法，仅根据进出港船舶的载重吨进行估算，对作业条件未作说明。为此，杨国平等^[4]对比分析了中国、日本、英国规范和《系泊设备指南》、《拖轮使用指南》中作用于船舶上的水流力、风力计算方法；对水流力和风力进行了计算和对比分析；推荐了基于船舶所受风、浪、流作用力来计算拖船所需拖力的拖船配置方法。其结论也已应用于现行的 JTS 165—2013《海港总体设计规范》^[5]中。

根据调研资料及统计分析结果可知，在建港条件不明确的建港初期，对于大型船舶拖轮配置估算 k 可以提高至 6%~10%，并可根据具体情况选取适当的 k 值。拖轮配置的主要影响因素及 k 值取值考虑见表 4。

表 4 拖轮配置增减 k 值情况

影响因素	水流	风	波浪	水深	其他
增大 k 值	横流较大情况（如宁波、舟山部分港域，甚至取 >10%）	横风较大情况（尤其对集装箱船、滚装船）	横浪较大情况	航道或港池内船舶富裕水深较小情况	当拖船拖带角度不理想、拖船螺旋桨尾流和船体相互作用导致拖船效率降低情况
减小 k 值	水流较小（如天津、青岛、日照等港域）及顺流情况	横风较小及顺风情况	横浪较小及顺浪情况	船舶富裕水深较大情况	当被拖带船舶具有侧推器情况

5 结论

对于大型船舶靠离泊操纵，天津、青岛、大连等港的拖轮配置明显高于 J TJ 211—1999《海港总平面设计规范》的规定值^[1]。鉴于各大港口大型船舶操纵时的拖轮配备明显高于原规范规定，大型船舶拖轮配置若采用系数法，建议系数 k 由 5% 提高到 6%~10%。有条件的港口建设，应根据新修编的 JTS 165—2013《海港总体设计规范》^[5] 计算进行拖轮配置。

参考文献：

[1] J TJ 211—1999 海港总平面设计规范[S].
[2] J TJ 295—2000 开敞式码头设计与施工技术规程[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.
[4] 杨国平, 李荣庆, 曹凤帅. 港作拖船拖力配置计算研究[J]. 水运工程, 2011(11): 13-20.
[5] JTS 165—2013 海港总体设计规范[S].

（本文编辑 郭雪珍）