



大型油码头设计船型的系靠泊尺度研究

秦子君

(大连港口建设管理有限公司, 辽宁大连 116001)

摘要: 对油轮的系靠泊相关尺度进行了研究划分; 建立了基于概率统计原理的“上覆盖率”和“下覆盖率”算法; 根据Q88租船数据库中的实船数据进行统计分析, 确定了大型油码头设计船型与系靠泊相关的代表尺度。

关键词: 设计船型; 系靠泊相关尺度; 覆盖率; Q88租船数据库。

中图分类号: U 695.2*8

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)S1-0208-13

Typical ship dimensions for berthing and mooring of large tanker in jetty design

QIN Zi-jun

(Dalian Port Construction Management Co., Ltd., Dalian 116001, China)

Abstract: This paper studies relevant ship dimensions, and carries out a numerical analysis of the up-coverage rate and the down-coverage rate based on the probability and statistics theory. Based on the data from intertanko's standard tanker chartering questionnaire 88, this paper determines the typical dimensions for the berthing and mooring of tankes in large jetties.

Key words: design ship type; dimensions for the berthing and mooring of tanker; coverage rate; Q88's questionnaire

目前, 在码头的平面/高程设计、物(数)模试验、以及码头系靠泊安全评价工作中, 往往只用不同的单船数据进行相应的分析和试验。相关规范中也只给出了设计船型的主尺度数据和数值跨度相当大的经验公式。因而在蝶形码头的墩位间距布置、系泊模型试验时的出缆位置等具体工作中, 不同的设计师在船舶相关尺度的选择上有很大的取舍空间。以30万吨级蝶型布置码头为例, 虽然采用同样的设计船型主尺度, 国内10余座码头的墩位布置却大不相同; 而且, 如果对同一个码头进行几次系泊物模试验或数模计算的话, 不同的试验单位会得出不同的试验数据。

本研究试图根据目前国际上营运船舶的资料进行统计分析, 得到10万~30万吨级油轮船型的系靠泊代表尺度。希望其有助于优化大型开敞式

油码头的设计, 提高码头物(数)模试验的可靠度, 方便进行码头系靠泊的安全评价。

1 与系泊有关的船型尺度

研究发现, 实际船舶资料中有下列与船舶的系靠泊有直接关系的数据, 可用于蝶型油码头的设计。

1) 压载平行舢体长度(图1)。

船体设计中会按照满载、压载和空载3种工况确定平行舢体长度。靠船墩(护舷)的间距应按压载工况来确定。

根据从平行舢体边线到集管中心的距离, 又分为两个数据(图1): 压载平行舢体艏端至集管中心的距离简称PBFM, 压载平行舢体艉端至集管中心的距离简称PBAM。

收稿日期: 2011-05-19

作者简介: 秦子君(1957—), 男, 工程师, 从事港口工程管理。

2) 艏、艉至集管中心的距离。

对于横流较大的泊位，船体的艏艉中心距是否对称于集管区中心，也是要注意的问题。船舶至集管中心距简称 BCM ，船艉至集管中心距简称 SCM 。

3) 干舷高度、甲板上集管高度(图2)和水线上集管高度。

研究中发现，实际船舶调查数据中的干舷高度一项，船方往往填写最低干舷，而不是业界在吃水标志上惯用的是船艏干舷。若油轮采用非连续式甲板，这是很常见的现象。但码头设计中确定护舷高度和倒缆垂直角时，所关心的还是船艏干舷，所以，这里特别指明是船艏干舷值。即用船舶主尺度中的型深和吃水两项数据相减得到的近似值。本项研究分别统计数据库中直接给出的满载干舷、压载干舷，水线上集管高度和甲板上集管高度，型深和吃水等数据，以期得到更准确的船艏干舷。

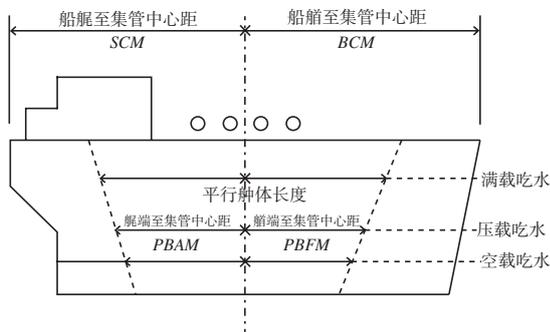
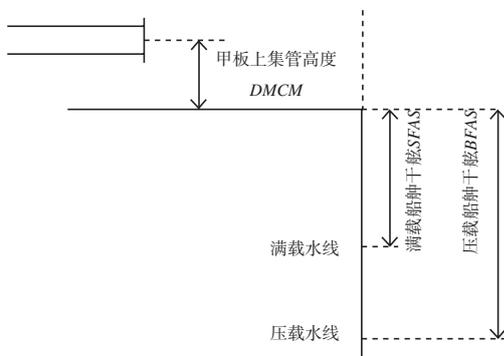


图1 油船的平行舢体长度和舢艉中心距



注：满载时水线上集管高度简称 $HMWL$ ，压载时水线上集管高度简称 $HMWB$ ，甲板上集管高度简称 $DMCM$ ，满载干舷简称 SF ，压载干舷简称 BF 。

图2 干舷高度和甲板上集管高度

显然，干舷、甲板上集管高度和水线上集管高度三者之间有下列关系：

$$HMWL = SF + DMCM \quad (1)$$

$$HMWB = BF + DMCM \quad (2)$$

4) 出缆孔至集管中心距。

由于船桥位置的原因，主甲板前后出缆孔的位置并不对称于集管中心。

OCIMF和英国标准建议采用优化的系泊形式(图3)^[1]。在考虑靠泊墩(系倒缆的脱缆钩)以及内系缆墩的位置时，需要注意船上的倒缆出缆孔和横缆出缆孔的位置。忽视这两点，往往会出现倒缆长度不够，或者内系缆墩的位置不合适，不能保证横缆的有效水平角度等问题，降低了系泊约束效力。

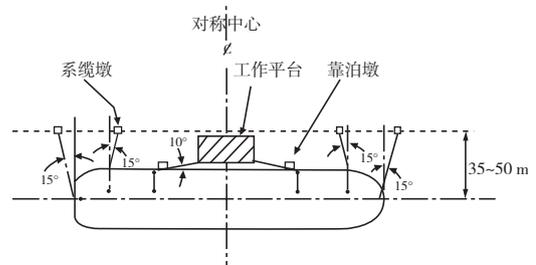


图3 墩式码头系泊缆绳角度优化

对下列数据进行统计分析(图4)是有必要的：①艏倒缆出缆孔至集管中心的距离，简称 $SLFM$ ；②艉倒缆出缆孔至集管中心的距离，简称 $SLAM$ ；③艏端横缆出缆孔至集管中心的距离，简称 $BLFM$ ，又分为 $BLFM_1$ 和 $BLFM_2$ ；④艉端横缆出缆孔至集管中心的距离，简称 $BLAM$ ，又分为 $BLAM_1$ 和 $BLAM_2$ 。

5) 柱间距，简称 LBP 。

日本等其他规范中将双柱间距(又称垂线间长)作为设计船型主尺度的一项，而我国规范中没有列明。在系泊分析软件及其他一些常用船舶计算公式中都需要输入该数值，来计算船体横向迎流面积等参数，故有必要对其进行统计计算，列入与系泊相关的尺度。

2 船舶数据

2.1 采用船舶数据的来源和船舶样本数量

本研究中，除倒缆出缆孔和横缆出缆孔的数据外，主要采用2009年12月底前建档的Q88船舶

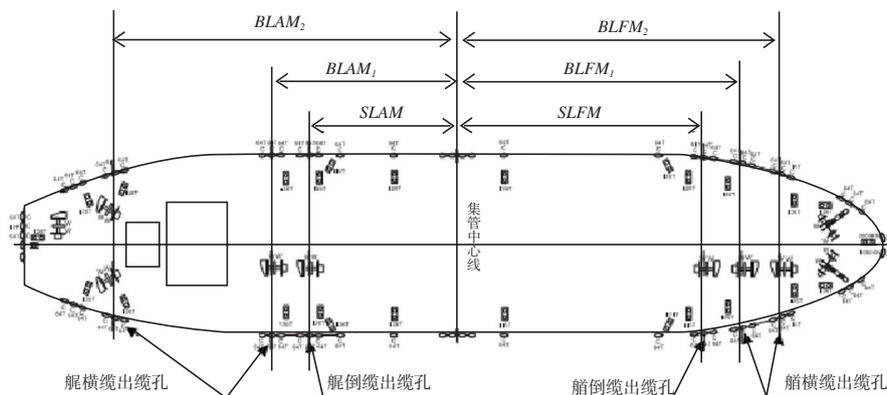


图4 倒缆和主甲板横缆出缆孔位置

数据。分析船舶主尺度时同时运用劳埃德 (LR) 船舶数据^[2]进行对比验证。分析用船舶样本数量见表1。

倒缆出缆孔和横缆出缆孔的数据来自114条船实的船系泊图或船长确认函, 以及国内某大造船厂6种船型的船型资料。

表1 营运中油船数量统计

船舶吨级/万t	Q88船舶数据库 (交船期: 1994-01-2009-12)		LR船舶数据库 (交船期: 1980-2009-12)	
	样本数	百分比/%	统计数	百分比/%
10 (8.5-10.5)	139	12.29	198	12.82
12 (10.5-13.5)	460	40.67	574	37.18
15 (13.5-18.5)	259	22.90	327	21.18
VLCC (18.5-3.25)	273	24.14	445	28.82
合计	1 131	100.00	1 544	100.00

2.2 船舶类型及船舶吨级划分

统计船舶类型中包括原油轮、成品油轮, 穿梭油轮和原油/成品油两用轮。

在10万t以上大型油船的吨级划分方面, 我国的JTJ 211-2007规范主要按照船舶吃水划分为10万、12万、15万、25万、30万和45万t共6个吨级。但在研究中发现, 25万吨级的油轮 (交船期1994-2009), 在劳埃德船舶资料中共有17条, 其中19.3万t的4条, 26.2万~26.9万t的7条, 还有即将退役的6条单壳油轮。Q88中, 只有6条船的数据。由于此类船舶数量太少, 失去单独统计的意义。因此, 将25万吨级与30万吨级油船统一归纳为VLCC船型。

鉴于单壳VLCC即将退役, 故未将其数据列入统计范围。45万吨级油轮, 由于只有2艘姊妹船在航, 本研究未予考虑。

2.3 船龄年限

目前尚未见到我国在码头设计方面关于船龄统计的确切规定。JTJ 211-2007采用的船龄约26 a (1980-01-2006-09)。日本港口标准中船龄统计的惯例是15 a^[3]。据称, 日本的做法是基于两个原因: 1) 按惯例, 船舶运营25 a时将退出国际航线; 同时, 日本港口技术标准每10 a修订一次, 故其设计船型的适用年限为15 a。2) 日本大藏省规定2 000总吨以上钢制船的折旧年限为15 a。

考虑到老旧船舶 (特别是单壳船) 即将退役和15 a以内船龄的样本数足够大的原因, 本项研究亦采用15 a船龄 (倒缆出缆孔和横缆出缆孔的数据除外), 即选用自1994年1月1日及以后下水双壳油船的数据。

由于2009年底Q88数据中还包括了船公司提交的将于2010年初投产的11条船的数据, 将其一

并纳入统计范围。

3 分析方法

3.1 平均值分析法

研究中发现，按吨级划分来统计油轮尺度时，用线性回归和对数回归两种方法所建立的回归方程的决定系数 R^2 过小，相关性明显太低；故各项代表值均采用平均值法进行分析。

从统计学原理可以得知，对于正态或近似正态分布的数据，已知均值和标准差，就可对其频数分布作出概约估计。平均值法是要求出统计样本的平均值(μ)和标准差(σ)。

设直线方程：

$$Y = \mu = a_0 \quad (3)$$

根据下面所述的覆盖率法和平移原理得出代表值。

3.2 覆盖率 (Coverage Rate) 法

在船型尺度统计计算中，国际上通常采用统计学上的置信界限^[4]法。

为了修订港口技术标准，日本港湾研究所受官方委托于1998年和2006年做过2次船型尺度标准的统计研究^[3,5]，其研究结论不但被纳入日本规范，而且为国际同行所采用^[4,6]。所使用的统计方法，先称为置信界限法，后称为覆盖率法。

如果依据50%覆盖率所确定的船舶代表尺度(平均值)来设计码头，其建设费用会降低；但是当靠泊船舶尺度远大于该代表尺度时，就必须单独研究其安全性问题。反之，如果采用覆盖率太高的代表尺度值，则各项建设和营运用费用可能会增加，而且，由于存在潮位、实载率、到港几率等其他可调节因素，不必取过高覆盖率。

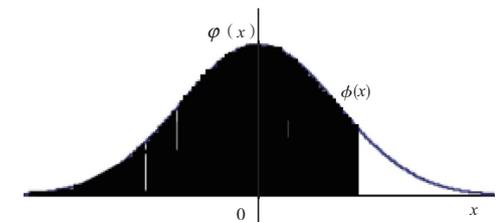
《日本港口设施技术标准·解说》规定，覆盖率一般采用75%，特殊情况下采用95%。

1) 上覆盖率与下覆盖率。

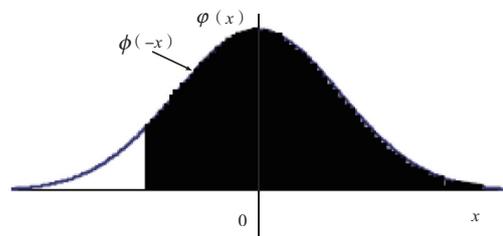
研究船长、吃水等船体外延尺度时，关心的是多大的代表尺度能按规定的覆盖率从大往小“覆盖”住其他一些样本。这是以往研究船舶主尺度的原意，就是“上覆盖率”的意思，见图5a)。日本规范中列出的主尺度值，也都是上

“上覆盖率”统计结果。

而对于现在要研究的船舶舳体长度、倒缆出缆孔至集管中心距离等内敛尺度，注重的是多小的代表尺度能按规定的覆盖率从小往大“覆盖”住其他一些样本。这时的覆盖率应称之为下覆盖率，见图5b)。



a) 上覆盖率



b) 下覆盖率

图5 覆盖率

2) 覆盖率曲线的平移^[3]。

假设船舶尺度所涉及的数据呈正态分布，将回归曲线(平均值曲线为特例)根据优化的覆盖率进行平移，即可得到一条新的回归曲线。

平均值曲线平移的原理见图6，平移距离的大小根据 $K\sigma$ 来计算。 σ 是样本标准偏差， K 值可从标准正态分布函数表查得，其与覆盖率的关系见表2。

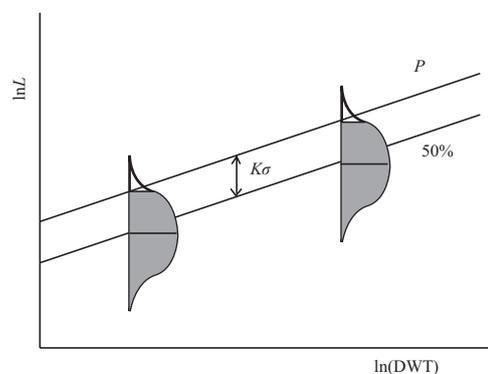


图6 覆盖率P时的平移线

表2 覆盖率P与系数K的关系

P/%	50	75	85	95
K	0	0.674	1.036	1.645

上覆盖率 P 时的简化计算公式可表示为:

$$Y(p) = a_0 + K\sigma \quad (4)$$

按正态分布的对称性, 下覆盖率 $-P$ 时的简化计算公式可表示为:

$$Y(-p) = a_0 - K\sigma \quad (5)$$

4 设计船型系泊尺度的统计分析

4.1 总长(LOA)和柱间距(LBP)

10万吨级~VLCC船型的LOA和LBP的数值分布散点, 见图7~10及表3~6。

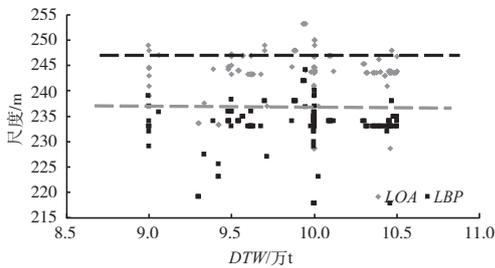


图7 10万吨级油轮LOA, LBP的数值分布

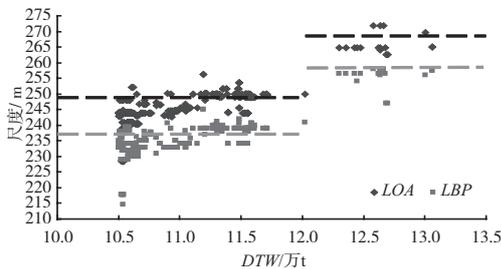


图8 12万吨级油轮LOA, LBP的数值分布

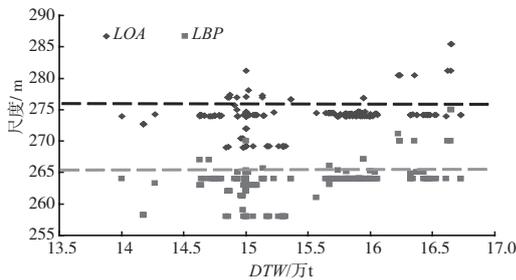


图9 15万吨级油轮LOA, LBP的数值分布

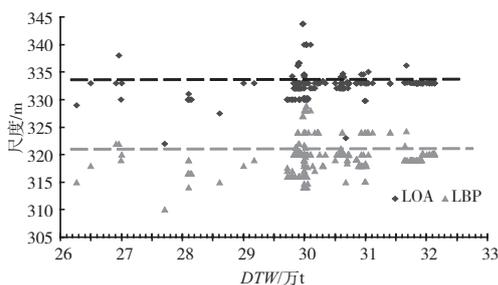


图10 VLCC DWT, LOA的数值分布

表3 10万吨级 LOA, LBP数值分布 m

尺度	平均值	标准差	75%覆盖率
LOA	243.97	3.35	246.9
LBP	233.45	4.50	236.5

表4 12万吨级 LOA, LBP数值分布 m

吨位/万吨	尺度	平均值	标准差	75%覆盖率
12.1~13.5	LOA	265.1	4.84	268.4
	LBP	254.8	4.77	258.0
10.5~12.09	LOA	245.1	4.54	248.1
	LBP	234.7	4.37	237.6

表5 15万吨级 LOA, LBP数值分布 m

尺度	平均值	标准差	75%覆盖率
LOA	274.2	2.17	275.6
LBP	263.6	2.37	265.2

表6 VLCC的 LOA, LBP数值分布 m

尺度	平均值	标准差	75%覆盖率
LOA	332.7	2.33	334.3
LBP	319.7	2.88	321.6

12万吨级油轮的情况比较特殊。其数值分布以12.1万吨为界分为两个差距较大的集群, 如果不分开统计, 则统计值代表性有明显偏差。由于多数船舶长度数值都位于10.5万~12万t这个区间, 无论是按75%覆盖率还是按85%保证率统计, 代表值都偏小, 无法代表12万t以上船舶。在此给出了以12.1万吨为界的2组统计值。单就船体长度而言, 规范中10万t和12万t这2个吨级的划分是否应当以10.5万t为界, 值得另外研究。

4.2 型宽(B)和型深(H)

10万吨级~VLCC船型的型宽(B)和型深(H)的数值分布散点, 见图11~14及表7~10。

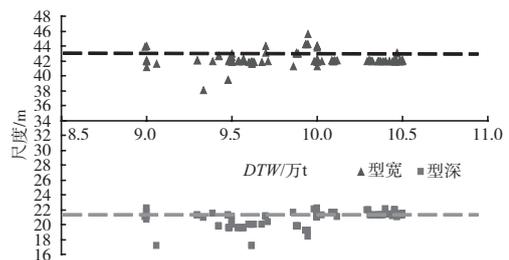


图11 10万吨级油轮型宽、型深的数值分布

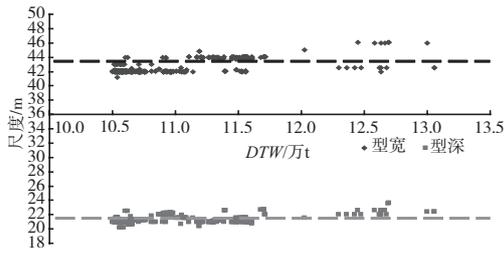


图12 12万吨级油轮型宽、型深的数值分布

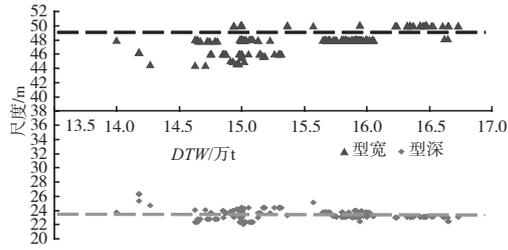


图13 15万吨级油轮型宽、型深的数值分布

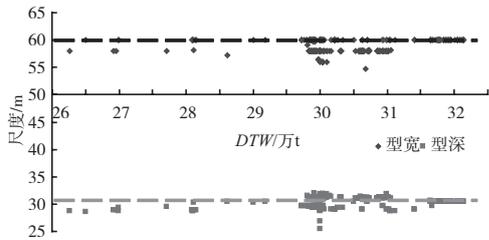


图14 VLCC型宽、型深的数值分布

表7 10万吨级油轮型宽、型深的数值分布 m

尺度	平均值	标准差	75%覆盖率
B	42.18	0.84	42.7
H	20.85	0.98	21.5

表8 12万吨级油轮型宽、型深的数值分布 m

尺度	平均值	标准差	75%覆盖率
B	42.7	0.96	43.3
H	21.3	0.46	21.6

表9 15万吨级油轮型宽、型深的数值分布 m

尺度	平均值	标准差	75%覆盖率
B	47.9	1.30	48.8
H	23.3	0.66	23.8

表10 VLCC型宽、型深的数值分布 m

尺度	平均值	标准差	75%覆盖率
B	59.0	1.16	59.8
H	30.3	0.92	30.9

4.3 满载吃水 (T) 和压载吃水 (BD)

10万吨级~VLCC船型的满载吃水(T)和压载吃水(BD)的数值分布散点, 见图15~18和表11~14。

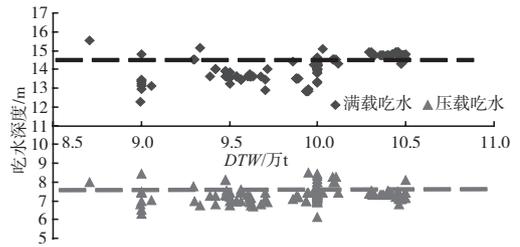


图15 10万吨级油轮吃水数值分布

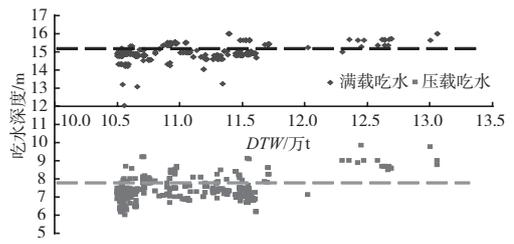


图16 12万吨级油轮吃水数值分布

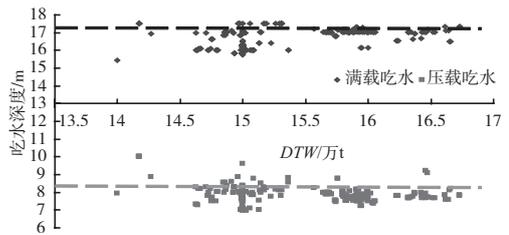


图17 15万吨级油轮吃水数值分布

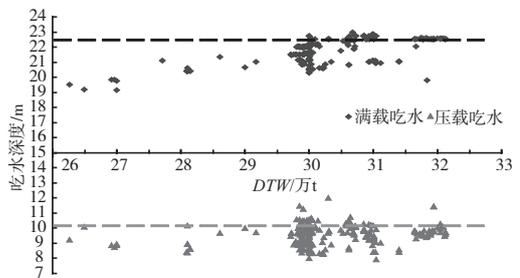


图18 VLCC吃水范围

表11 10万吨级油轮吃水数值分布 m

尺度	平均值	标准差	75%覆盖率
T	14.11	0.63	14.53
BD	7.32	0.40	7.59

表12 12万吨级油轮吃水数值分布 m

尺度	平均值	标准差	75%覆盖率
T	14.9	0.38	15.2
BD	7.4	0.61	7.8

表13 15万吨级油轮吃水数值分布 m

尺度	平均值	标准差	75%覆盖率
T	16.8	0.51	17.1
BD	7.9	0.48	8.2

表14 VLCC吃水数值分布 m

尺度	平均值	标准差	75%覆盖率
<i>T</i>	21.8	0.79	22.4
<i>BD</i>	9.6	0.66	10.1

4.4 船舶至集管中心距 (*BCM*) 和船艏至集管中心距 (*SCM*)

分别计算*BCM*和*SCM*时, 还要受到*LOA*的制约, 即:

$$BCM + SCM = LOA \quad (6)$$

几种船型的统计结果中, *SCM*大于*BCM*的船数居多。因此, 在这两个尺度的选取上, 按最不利原则, 以*SCM*为主进行统计并确定其尺度, 再用船长与*SCM*的差值确定*BCM*。

10万吨级~VLCC船型的船舶至集管中心距 (*BCM*) 船艏至集管中心距 (*SCM*) 的数值分布散点, 见图19~22和表15~18。

4.5 压载平行舭体长度, 两端距离*PBFM*和*PBAM*

10万吨级~VLCC船型的压载平行舭体船端至集管中心的距离 (*PBFM*) 和压载平行舭体艏端至

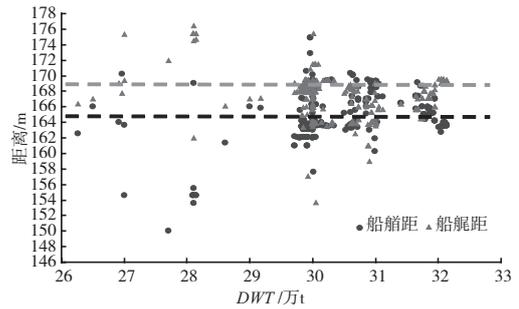


图22 VLCC船舶/船艏至集管中心距离数值分布

表15 10万吨级油轮*BCM*, *SCM*数值分布 m

尺度	平均值	标准差	75%覆盖率
<i>SCM</i>	121.91	3.11	124
<i>BCM</i>	<i>BCM</i> = <i>LOA</i> - <i>SCM</i> =123		

表16 12万吨级油轮*BCM*, *SCM*数值分布 m

吨位划分/万吨	尺度	平均值	标准差	75%覆盖率
12.1~13.5	<i>SCM</i>	133.9	3.18	136
	<i>BCM</i>	<i>BCM</i> = <i>LOA</i> - <i>SCM</i> =132.4		
10.5~12.09	<i>SCM</i>	122.5	2.85	124.5
	<i>BCM</i>	<i>BCM</i> = <i>LOA</i> - <i>SCM</i> =123.5		

表17 15万吨级油轮*BCM*, *SCM*数值分布 m

尺度	平均值	标准差	75%覆盖率
<i>SCM</i>	137.7	2.52	140
<i>BCM</i>	<i>BCM</i> = <i>LOA</i> - <i>SCM</i> =135.6		

表18 VLCC *BCM*, *SCM*数值分布 m

尺度	平均值	标准差	75%覆盖率
<i>SCM</i>	167.4	2.75	169
<i>BCM</i>	<i>BCM</i> = <i>LOA</i> - <i>SCM</i> =165.3		

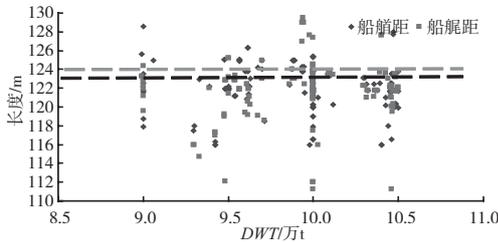


图19 10万吨级油轮船艏/船艉至集管中心距离数值分布

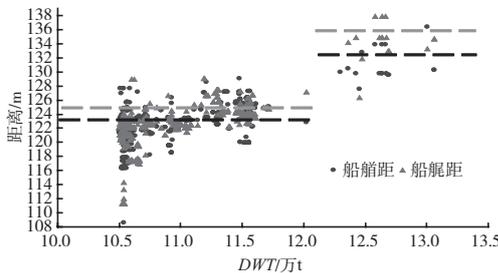


图20 12万吨级油轮船艏/船艉至集管中心距离数值分布

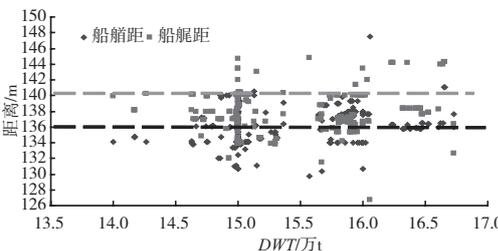


图21 12万吨级油轮船艏/船艉至集管中心距离数值分布

集管中心的距离 (*PBAM*)，其数值分布散点图见图23~26和表19~22。

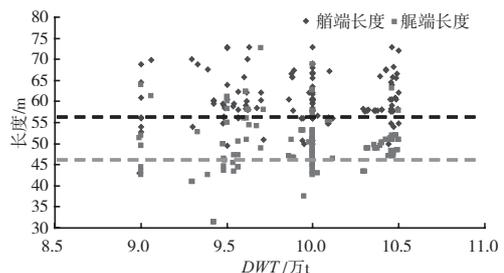


图23 10万吨级油轮压载平行舭体船端距集管中心距离数值分布

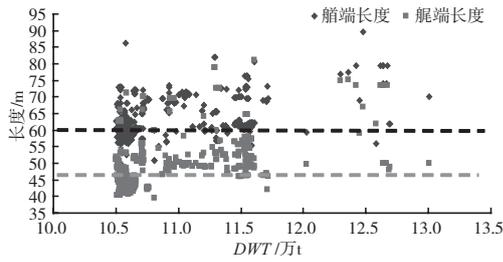


图24 12万吨级油轮压载平行体艏艉端距集管中心距离数值分布

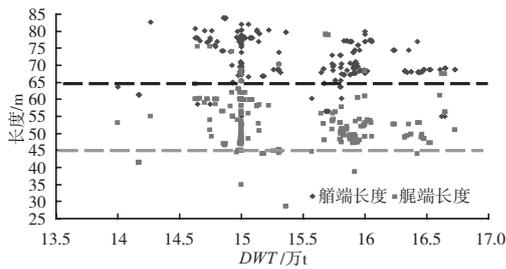


图25 15万吨级油轮压载平行体艏艉端距集管中心距离数值分布

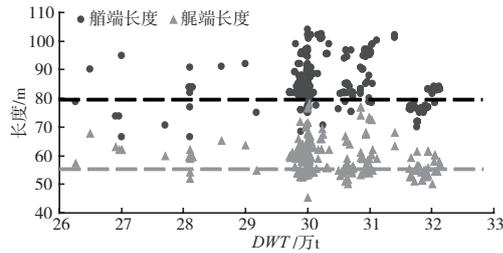


图26 VLCC压载平行体艏艉端距集管中心距离数值分布

表19 10万吨级油轮压载平行体艏艉端距集管中心距离数值分布

尺度	平均值	标准差	覆盖率/%	
			-75	-85
PBFM	60.24	5.54	56.51	54.5
PBAM	50.43	6.46	46.07	43.7

表20 12万吨级油轮压载平行体艏艉端距集管中心距离数值分布

尺度	平均值	标准差	覆盖率/%	
			-75	-85
PBFM	64.0	6.02	60	57.7
PBAM	50.4	7.25	45.5	42.8

表21 15万吨级油轮压载平行体艏艉端距集管中心距离数值分布

尺度	平均值	标准差	覆盖率/%	
			-75	-85
PBFM	71.4	6.24	67.2	64.9
PBAM	53.1	7.64	47.9	45.1

表22 VLCC压载平行体艏艉端距集管中心距离数值分布

尺度	平均值	标准差	覆盖率/%	
			-75	-85
PBFM	85.0	7.9	79.7	76.8
PBAM	58.7	5.56	54.9	52.9

压载平行舳体长度属于内敛尺度，这里按下覆盖率来取值。

如采用4个靠船墩，可能会考虑在码头造价几乎不变的情况下，进一步缩小内靠船墩的间距，例如，将覆盖率提高至85%。为此，下面的图表中同时给出75%和85%两种覆盖率时的压载平行舳体长度代表尺度。

4.6 满载时水线上集管高度 (HMWL) 和压载时水线上集管高度 (HMWB)

10万吨级~VLCC船型的满载时水线上集管高度 (HMWL) 和压载时水线上集管高度 (HMWB) 的数值分布散点，见图27~30和表23~26。

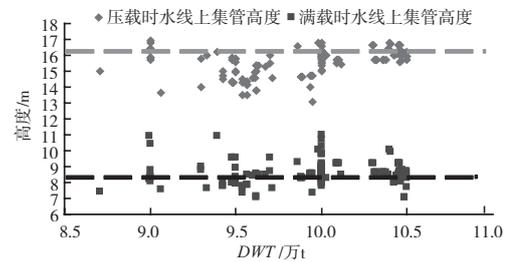


图27 10万吨级油轮水线上集管高度数值分布

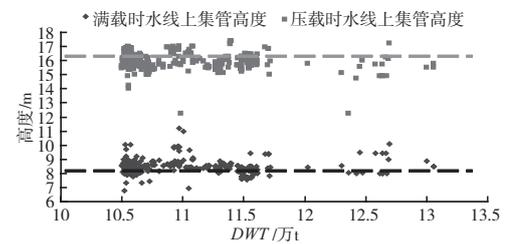


图28 12万吨级油轮水线上管高度数值分布

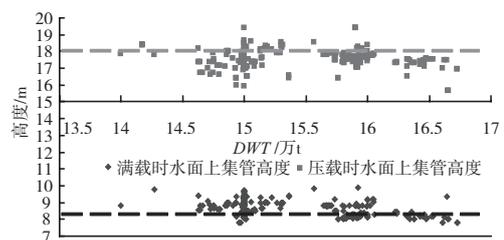


图29 15万吨级油轮水线上集管高度数值分布

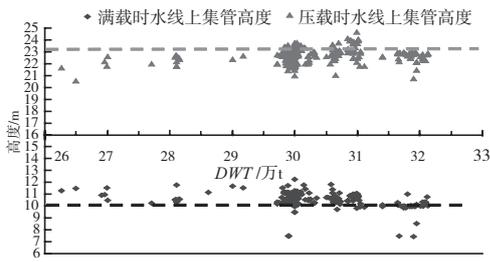


图30 VLCC水线上集管高度数值分布

表23 10万吨级油轮HMWL, HMWB数值分布 m

尺度	平均值	标准差	覆盖率/%	
			-75	75
HMWL	8.62	0.74	8.12	
HMWB	15.58	0.82	16.14	

表24 12万吨级油轮HMWL, HMWB数值分布 m

尺度	平均值	标准差	覆盖率/%	
			-75	75
HMWL	8.4	0.47	8.1	
HMWB	16.0	0.57	16.4	

表25 15万吨级油轮HMWL, HMWB数值分布 m

尺度	平均值	标准差	覆盖率/%	
			-75	75
HMWL	8.65	0.56	8.27	
HMWB	17.56	0.53	17.92	

表26 VLCC的HMWL, HMWB数值分布 m

尺度	平均值	标准差	覆盖率/%	
			-75	75
HMWL	10.5	0.63	10.1	
HMWB	22.8	0.60	23.2	

在满载时，关心的是集管距水面的高度有多么低，所以满载时水线上集管高度（HMWL）可认作内敛尺度，故按-P取值，而压载时水线上集管高度（HMWB）属外延尺度，按P取值。

4.7 甲板上集管高度（DMCM）

经过对各吨级油轮集管高度进行的数值统计可以发现，大多数油轮均符合OCIMF的规定。集管高度的数值主要集中在1.9~2.1 m，15万吨级以上油轮，大都采用2.1 m。因此，甲板上集管中心高度统一采用2.1 m是合适的。

10万吨级~VLCC船型的甲板上集管高度（DMCM）的数值统计直方图，见图31~34。

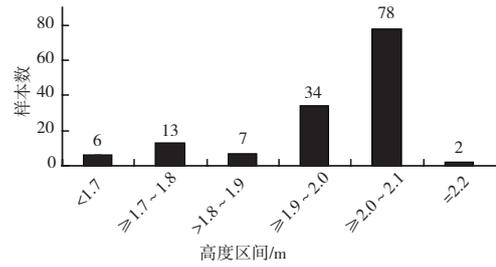


图31 10万吨级油轮甲板上集管高度数值统计

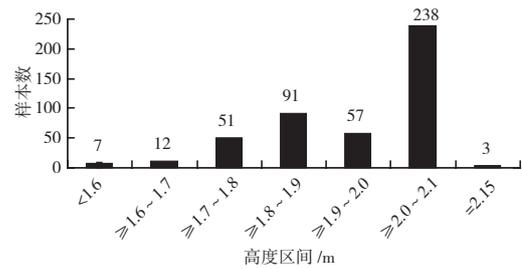


图32 12万吨级油轮甲板上集管高度数值统计

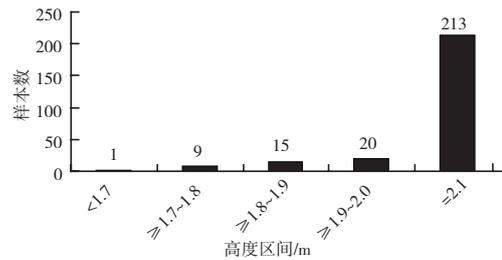


图33 15万吨级油轮甲板上集管高度数值统计

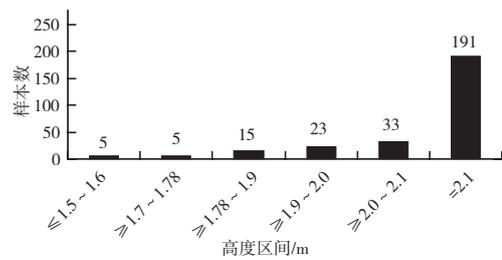


图34 VLCC甲板上集管高度数值统计

4.8 满载船舫干舷（SF）和压载船舫干舷（BF）

与水线上集管高度取值一样，满载船舫干舷也应视为内敛尺度，按-P取值；压载船舫干舷是外延尺度，按P取值。

Q88数据中，有3种方法可以获得干舷值：

- 1) 直接采用相应的Q88数据中直接列明的满载干舷和压载干舷值；
- 2) 用满载和压载的水线上集管高度减去甲板上集管高度，可分别得到SF和BF；
- 3) 用Q88数据中给出的型深和吃水数据计

算而得。

用这3种方法对各吨级油轮干舷的计算见表27~29。计算结果的差异曲线参见图35和36。

表27 直接采用干舷数据统计的尺度 m

吨级/万t	尺度	平均值	标准差	覆盖率/%	
				-75	75
10	SF	6.65	0.87	6.06	
	BF	13.44	1.12		14.19
12	SF	6.40	0.39	6.10	
	BF	14.0	0.60		14.40
15	SF	6.50	0.52	6.20	
	BF	15.30	0.72		15.80
VLCC	SF	7.20	1.66	6.10	
	BF	19.40	1.68		20.60

表28 采用集管高度数据统计的尺度 m

吨级/万t	尺度	HMWL	HMWB	DMCM	差值
10	SF	8.12		2.1	6.02
	BF		16.14	2.1	14.04
12	SF	8.10		2.1	6.00
	BF		16.40	2.1	14.30
15	SF	8.30		2.1	6.20
	BF		17.90	2.1	15.80
VLCC	SF	10.10		2.1	8.00
	BF		23.20	2.1	21.10

表29 采用型深吃水数据统计的尺度 m

吨级/万t	尺度	H	T	BD	差值
10	SF	21.51	14.53		6.98
	BF	21.51		7.59	13.92
12	SF	21.60	15.20		6.40
	BF	21.60		7.80	13.80
15	SF	23.80	17.10		6.70
	BF	23.80		8.20	15.60
VLCC	SF	30.90	22.40		8.50
	BF	30.90		10.10	20.80

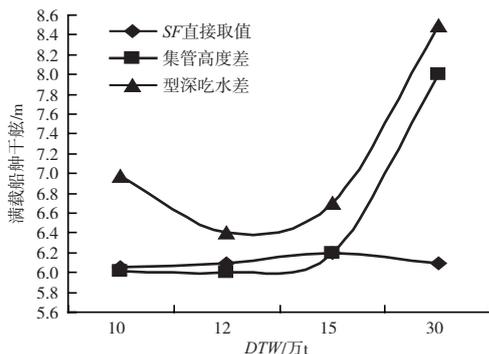


图35 满载船舫干舷3种计算结果的区别

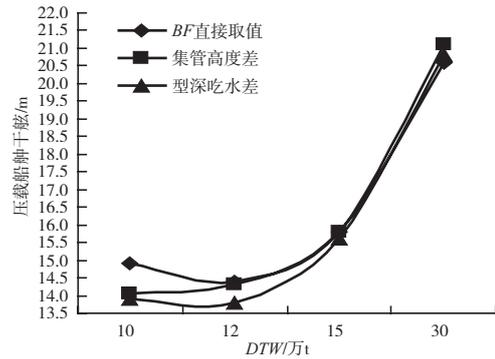


图36 压载船舶干舷3种计算结果的区别

第1种方法得到的是如前所述的船艏部最低干舷值。而不是船舫的SF和BF。第3种方法，由于在计算型深和满载吃水的代表尺度时都是用上覆盖法，会在某些吨级的干舷计算时出现较大偏差。比较而言，第2种方法的计算偏差最小。

4.9 船倒缆出缆孔至集管中心的距离 (SLFM) 和艏倒缆出缆孔至集管中心的距离 (SLAM)

船倒缆出缆孔至集管中心的距离 (SLFM) 和艏倒缆出缆孔至集管中心的距离 (SLAM) 都属于内收尺度，按-P取值。

根据现有数据量，按9.5万~11.6万t，14.5万~16.5万t和VLCC共3种吨级划分计算SLFM和SLAM的数值分布散点，见图37~39。表30~32同时给出75%和85%两种覆盖率时的倒缆出缆孔至集管中心距离的代表尺度。

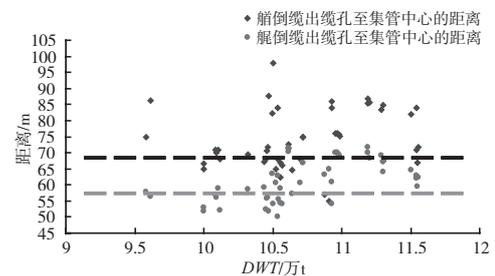


图37 9.5万~11.6万t油轮倒缆出缆孔距离数值分布

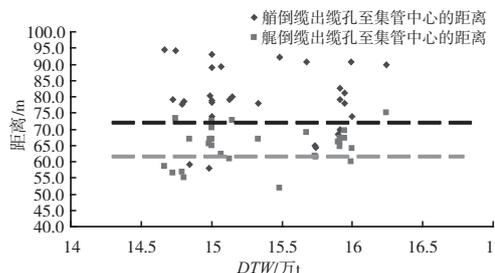


图38 14.5万~16万吨油轮倒缆出缆孔距离数值分布

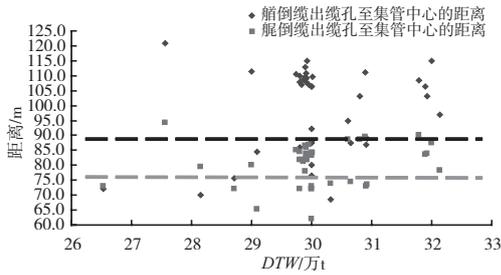


图39 VLCC倒缆出缆孔距离数值分布

表30 9.5万~12万吨级油轮SLFM, SLAM数值分布 m

尺度	平均值	标准差	覆盖率/%	
			-75	-85
SLFM	74.0	8.86	68.0	64.8
SLAM	61.2	6.37	56.9	54.6

表31 14.5万~16万吨级油轮SLFM, SLAM数值分布 m

尺度	平均值	标准差	覆盖率/%	
			-75	-85
SLFM	79.6	10.10	72.7	69.1
SLAM	65.1	5.74	61.2	59.2

表32 VLCC的SLFM, SLAM数值分布 m

尺度	平均值	标准差	覆盖率/%	
			-75	-85
SLFM	99.1	14.27	89.5	84.3
SLAM	80.4	7.05	75.7	73.1

4.10 船端横缆出缆孔至集管中心的距离(BLFM)和艏端横缆出缆孔至集管中心的距离(BLAM)

船横缆出缆孔至集管中心的距离 (BLFM), 又分为BLFM和BLAM两个数据; 艏横缆出缆孔至集管中心的距离 (BLAM), 又分为BLAM₁和BLAM₂两个数据。

布置横缆系统墩时, 主要关注的是缆绳的水平角度。由于横缆在-15°~15°水平角内布置时约束效果变化不大, BLFM和BLAM两个数据按均值进行取值即可。相应的数值计算结果, 见图40~45和表33。

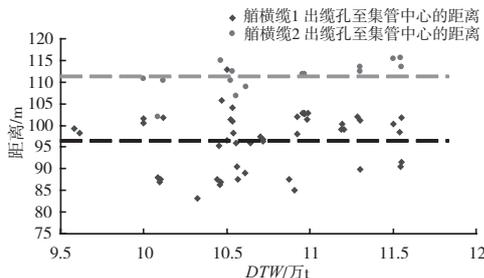


图40 9.5万~11.6万吨油轮船横缆出缆孔距离数值分布

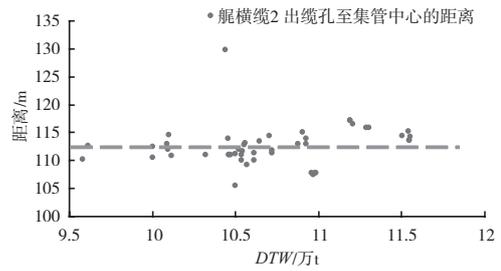


图41 9.5万~11.6万吨油轮船横缆出缆孔距离数值分布

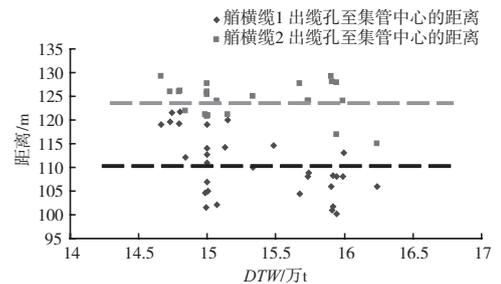


图42 14.5万~16.5万吨油轮船横缆出缆孔距离数值分布

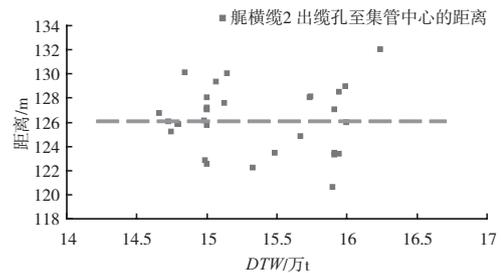


图43 14.5万~16.5万吨油轮船横缆出缆孔距离数值分布

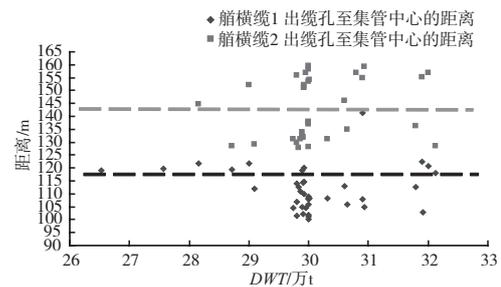


图44 VLCC船横缆出缆孔距离数值分布

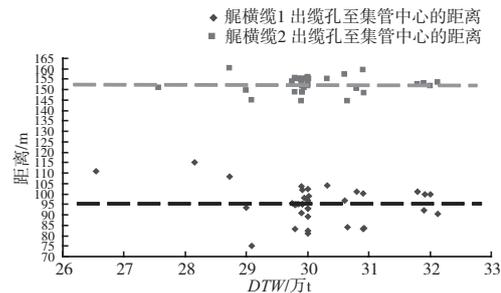


图45 VLCC艏横缆出缆孔距离数值分布

表33 油轮船横缆BLFM, BLAM数值分布 m

吨级/万t	尺度	平均值	标准差
9.5~11.6	BLFM ₁	96.5	6.6
	BLFM ₂	111.4	3.4
	BLAM ₂	112.5	3.7
14.5~16.5	BLFM ₁	110.4	6.6
	BLFM ₂	124.3	3.7
	BLAM ₁	忽略不计	
	BLAM ₂	126.2	2.6
VLCC	BLFM ₁	117.5	8.7
	BLFM ₂	142.8	11.7
	BLAM ₁	95.1	8.4
	BLAM ₂	152.7	3.7

5 大型油码头设计船型系泊尺度 (表34和35)

6 结语

本项研究工作对油轮的系靠泊相关尺度进行了整理划分。根据概率统计原理,提出并采用“上覆盖率”和“下覆盖率”法,对Q88数据库的实船数据和114条船的出缆孔位置数据进行了统计分析,确定了大型油码头设计船型系靠泊相关的代表尺度。对于大型油码头的设计、试验和安全评价工作或许有所裨益。

表34 覆盖率为75%时大型油轮设计船型主尺度

载质量/t	主尺度/m			
	总长(LOA)	型宽(B)	型深(H)	满载吃水(T)
100 000 (85 001 ~ 105 001)	246.9	42.7	21.5	14.5
120 000 (105 001 ~ 135 000)	248.1 ¹	268.4 ²	43.3	21.6
150 000 (135 001 ~ 185 000)	275.6	48.8	23.8	17.1
VLCC (260 001 ~ 375 000)	334.3	59.8	30.9	22.4

注: 1.适用于10.5万~12.09万t油轮, 2.适用于12.1万~13.5万t油轮。

表35 覆盖率为75%时大型油轮设计船型系靠泊设计代表尺度

载质量/t	柱间长(LBP)	压载吃水(BD)	m													
			船艏至集管中心距(BCM)	船艏至集管中心距(SCM)	压载平行舳体长度至集管中心距(PBFM)	压载平行舳体长度至集管中心距(PBAM)	满载时水管高度(HMWL)	压载时水管高度(HMWB)	满载时水管高度(SF)	压载时水管高度(BF)	船倒缆出缆孔至集管中心距(SLFM)	艏倒缆出缆孔至集管中心距(SLAM)	船横缆出缆孔至集管中心距 ³	艏横缆出缆孔至集管中心距 ³		
100 000 (850 01~105 001)	236.5	7.6	123.0	124.0	56.5	46.1	8.1	16.1	6.0	14.0						
											68	57	97	111	113	
120 000 (105 001~135 000)	237.6 ¹	7.8	123.5 ¹	124.5 ¹	60.0	45.5	8.1	16.4	6.0	14.3						
	258 ²		132.4 ²	136 ²												
150 000 (135 001~185 000)	265.2	8.2	135.6	140.0	67.2	47.9	8.3	17.9	6.2	15.8	73	61	110	124	126	
VLCC (260 001~375 000)	321.6	10.1	165.3	169.0	79.7	54.9	10.1	23.2	8.0	21.1	90	76	118	143	95	153

注: 1.适用于10.5~12.09万t油轮, 2.适用于12.1~13.5万t油轮, 3.按平均值取值。

致谢

本项目研究得到许多航运及造船界人士，尤其是众多船长的支持，他们提供了许多珍贵的资料，在此深表感谢。特别感谢以下人士为本文提供数据资料支持：Michael Clysdale先生（Teekay Shipping Limited），佟国风和韩启坤先生（大连远洋公司），李志鹏先生（大连船舶重工集团），张博先生（Chevron Shipping），Geoff Snow先生（OCIMF），David Savage先生（National Maritime College of Ireland），Samantha Evangelista女士（Heidenreich Innovations, LLC）。

参考文献：

[1] BS 6349-4—1994 Maritime structures-Part4: Code of practice for design of fendering and mooring systems[S].

[2] Fairplay HIS. World Shipping Encyclopaedia[EB/OL].

(2010-12-01)[2011-06-06]. <http://www.ihs.com/products/maritime-information/ships/world-shipping-encyclopedia.aspx?pu=1&rd=ihsfairplay.com>.

[3] Takahashi H, Goto A, Motohisa ABE. Study on standards for main dimensions of the design ship. Technical Note No.309[R]. Japan: NILIM, 2006:2.

[4] Carl A T. Port Designer's Handbook: Recommendations and Guidelines[M]. London: Thomas Telford, 2003: 496.

[5] Yasuhiro A, Hironao T. Ship dimensions of design ship under given confidence limits, Technical Note NO.0911, Port and Harbour Research Institute Japan, 1998.09[EB/OL]. (1988-09-01)[2011-06-06]. <http://www.pari.go.jp/cgi-bin/search-en/detail.cgi?id=199809091101>.

[6] PIANC. Guidelines for the Design of Fenders System-2002[S]. ISBN2-87223-945:57.

(本文编辑 武亚庆)

《水运工程》优秀论文评选

评委点评：

大型油码头的码头长度及系靠泊墩台的布置是大型油码头设计的关键主尺度，对码头的安全、顺畅运营具有重要意义。而确定这些关键主尺度的关键因素之一，即是靠泊船舶的外形主尺度及缆绳的出缆孔位置。我国目前的码头规范中给出了跨度相当大的经验公式，以码头长度规定为例，规范规定码头长度为设计船长的1.4~1.5倍，这样导致实际系泊中艏艉缆的长度较长，在有些情况下并不一定有利于船舶系泊与运营的安全。

本文搜集了大量10~30万吨级油轮船型资料，借鉴日本等国外资料采用覆盖率法，对与系靠泊尺度确定有影响的诸多关键船舶尺度进行了统计分析，给出了分等级的分析结论。文章为未来大型油码头主尺度的确定提供了借鉴与思路，在解决大型油码头主尺度确定方面具有实际意义。建议未来研究中可在主要参数的选取上与现行中国规范体系进一步融合（例如中国规范中选取的设计船型保证率为85%和95%，而文中采用的是75%的覆盖率），将对国内港口设计、港口运营发挥更大的作用和效益。


2012年12月

评委简介：

胡昕，高工，中交第二航务工程勘察设计院有限公司广州分公司。
主要从事水运工程规划与设计工作，负责和参与的多项工程获得国家、部、省级优秀奖。