



# 大型油轮缆力约束的统计分析

秦子君

(大连港口建设管理有限公司, 辽宁大连 116001)

**摘要:** 建立大型油码头设计船型, 明确其各项特征参数, 将有助于开展开敞式码头的系泊设计和试验研究。依据Q88油轮数据, 采用覆盖率等方法, 对10万吨级及以上油轮的缆力约束参数进行了统计分析, 确定了大型油码头设计代表船型的系泊缆力约束参数。研究结果对于码头设计和系泊安全研究具有参考价值。

**关键词:** Q88租船数据库; 覆盖率; 缆绳数量; 缆绳直径; 缆绳最小破断强度; 绞车制动保持力; 尾绳

中图分类号: U 656.132

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)07-0086-06

## Statistical analysis of mooring power's constraint for large tanker

QIN Zi-jun

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

**Abstract:** It is beneficial for the mooring design and experimental study for large jetties in the open sea to set up the characteristic mooring parameters of the typical tanker. Based on the data from intertanko's standard tanker chartering questionnaire 88, this paper determines the mooring constrained parameters of larger tankers, which may serve as a reference for the design of jetties and study on the mooring safety.

**Key words:** Q88's questionnaire; coverage rate; number of mooring line; diameter of mooring line; mooring line's MBL; mooring winch's BHC; tail

在制定码头作业环境限制条件、进行系泊约束验算以及系泊物/数模试验时, 都会涉及油轮实际缆力的问题。相关码头设计规范中尚无缆力约束方面的具体参数指标。不同的码头设计文件中所列出的缆绳/缆力参数不但有较大差异, 而且往往与船舶实际情况不符。

OCIMF(石油公司国际海事论坛)建议, 在制定油码头作业环境限制条件时, 应保证“船上的全部系泊缆绳, 必须在风速达60 kn (31 m/s) 的情况下仍能将油轮系在泊位上, 而且任意一根缆绳的最大张力不得超过下列限度: 55%*MBL*(钢缆); 50%*MBL*(其它合成纤维缆); 45%*MBL*(尼龙缆)” (*MBL*为缆绳最小破断载荷, 下同)。并认为“风速超过60 kn (31 m/s) 后, 缆绳张力会超过

60%~65%*MBL*, 绞车的制动器会打滑, 开始松缆, 此时船舶将处于危险状态”<sup>[1]</sup>。那么, 实际运营的大型油轮, 采用的是什么样的缆绳? 其破断力是多少? 影响缆力约束大小的因素还有哪些?

本研究试图根据目前国际上营运船舶的相关数据进行统计分析, 得到10万~30万吨级油轮缆力约束的统计参数。有助于优化大型开敞式油码头的设计和系靠泊安全评价。

本研究关注的系泊缆力约束参数有: 油轮上缆绳数量及其在甲板上的位置分布, 缆绳直径, 缆绳材质, 缆绳最小破断强度 (Minimum Breaking Load, *MBL*), 绞车制动保持力 (Brake Holding Capacity, *BHC*), 尾绳参数。

收稿日期: 2012-01-18

作者简介: 秦子君 (1957—), 男, 工程师, 从事港口工程管理。

### 1 数据来源及分析方法

#### 1.1 统计数据的来源和船舶样本数量

本研究主要采用独立油轮船东协会 (INTER-TANKO) 租船数据库 (Q88) 于 2009 年 12 月底前建档的船舶数据。分析用船舶样本数量见表 1。由于每条船的 Q88 数据中常有个别项目未做统计或统计有误, 故在个别单项内容的统计过程中, 实际样本数会略少于表 1 所示。

表 1 营运中油船数量统计

设计船型/万吨级	Q88数据库船舶数量	
	样本数	百分比/%
10	139	12.29
12	460	40.67
15	259	22.90
VLCC	273	24.14
合计	1 131	100

注: 交船期为 1994-01—2009-12。

#### 1.2 船舶类型、船舶吨级划分和船龄年限<sup>[2]</sup>

统计的船舶类型包括原油轮、成品油轮、穿梭油轮和原油/成品油两用轮。

在 10 万吨以上大型油船的吨级划分方面, 我国的 JTJ 211—1999 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 万吨级共 6 个吨级。由于 25 万吨级的油轮 (交船期 1994—2009 年) 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, 本项研究中未予考虑。

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

采用 15 a 船龄, 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。

#### 1.3 分析方法<sup>[2]</sup>

在确定缆绳最小破断强度 (MBL) 和绞车制动保持力 (BHC) 的代表值时, 按平均值法进行分析, 根据覆盖率法和平均值曲线平移原理得出代表值。

上覆盖率 (P) 时的简化计算公式为:

$$Y(P) = a_0 + K\sigma \quad (1)$$

下覆盖率 (-P) 时的简化计算公式可表示为:

$$Y(-P) = a_0 - K\sigma \quad (2)$$

式中:  $a_0$  为样本平均值;  $\sigma$  为样本标准偏差;  $K$  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。

表 2 覆盖率 P 与系数 K 的关系

P/%	50	75	95
K	0	0.674	1.645

鉴于油轮系泊性能在码头安全方面的重要性, 按 95% 的覆盖率确定缆绳最小破断强度 (MBL) 和绞车制动保持力 (BHC) 的统计代表值。其它参数按频率分布进行统计。

### 2 大型油轮系泊缆力约束参数的统计分析

#### 2.1 油轮缆绳数量及分布

本项研究将油轮甲板分为艏甲板、主甲板艏部、主甲板艉部和艉甲板 4 个区域 (图 1)。各甲板分区上缆绳的功用见表 3。

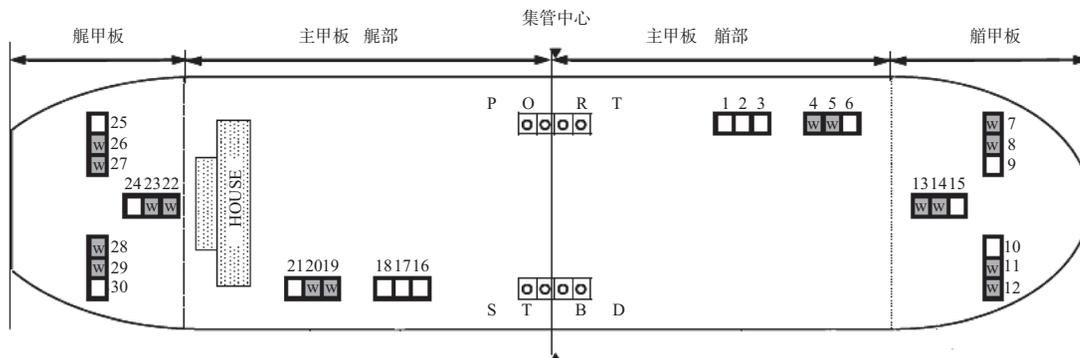


图 1 油轮甲板分区

表3 各甲板分区上绞车及缆绳功用

甲板分区名称	艏甲板	主甲板艏部	主甲板艉部	艉甲板
绞车及缆绳功用	艏缆, 横缆	横缆, 艏倒缆	艏倒缆, 横缆	横缆, 艏缆

大型油轮不同甲板分区上的缆绳数量所占比例见表4, 5。油轮上大都采用双联绞车(出2根缆); 采用三联绞车(出3根缆)的比例较少。所以, 每组绞车的出缆数量以偶数居多。

表4 大型油轮不同甲板分区缆绳数量所占比例

设计船型/万吨级	缆绳比例/%				
	缆绳数量	艏甲板	主甲板艏部	主甲板艉部	艉甲板
10	2(3)	0	25	97	2
	4	85	62	2	2
	(5) 6	12	13	1	83
	(7) 或(8)	3	0	0	13
12	2(3)	1	29	96	1
	4	71	71	4	7
	(5) 6	24	0	0	90
	(7) 或(8)	4	0	0	2
15	2(3)	1	26	91	0
	4	74	67	9	4
	(5) 6	21	7	0	86
	(7) 或(8)	4	0	0	10
VLCC	2(3)	0	2	4	1
	4	78	19	94	2
	(5) 6	21	71	2	90
	(7) 或(8)	1	8	0	7

注: 括号内的数字表示有三联绞车时的出缆数。

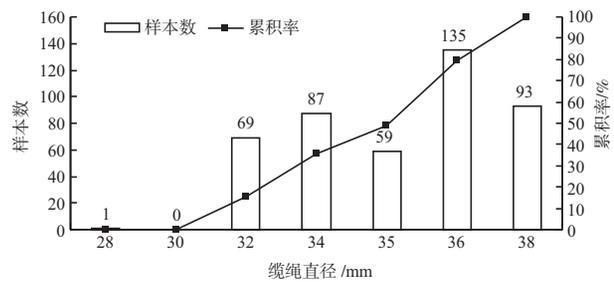
表5 大型油轮缆绳数量及在甲板上的典型分布

设计船型/万吨级	缆绳数量	缆绳数量典型分布(艏甲板-主甲板艏部-主甲板艉部-艉甲板)
10		
12	16	4-4-2-6
15		
VLCC	20	4-6-4-6

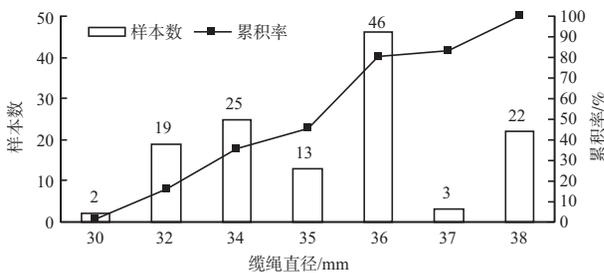
### 2.2 缆绳直径和材质

大型油轮缆绳直径统计, 见图2。各吨级油轮的缆绳直径代表值见表6。

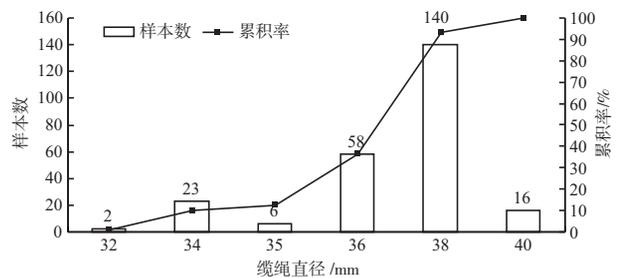
统计中发现, 绝大多数油轮的全船系泊缆均采用钢缆; 只有极个别油轮在艏艉缆上采用合成纤维缆, 而其横缆和倒缆仍采用钢缆。另有少量油轮开始采用超高分子量聚乙烯(HMPE)纤维系泊



b) 12万吨级



a) 10万吨级



c) 15万吨级

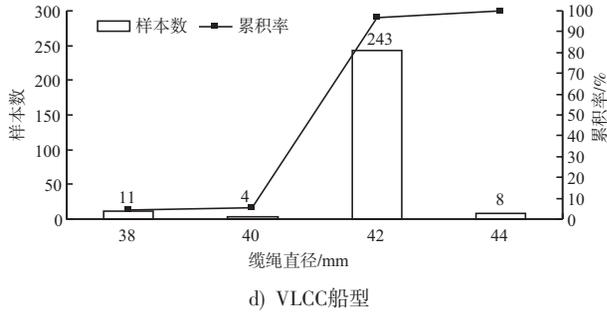


图2 不同船型缆绳直径统计

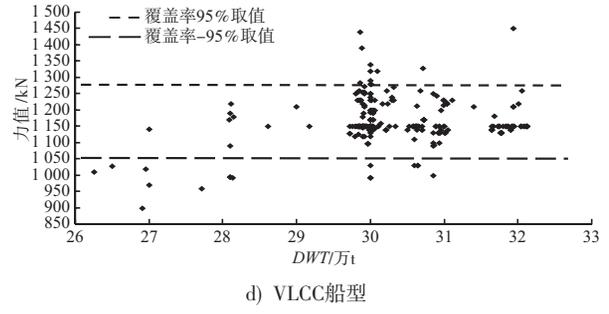


图3 不同船型缆绳最小破断载荷MBL的数值分布

缆，但这类船舶数量不多（10万，12万和15万吨级油轮中，分别只有10,13和15条船，VLCC只有2条船）。所以，这里只按钢缆进行统计。

表6 大型油轮钢缆直径代表值

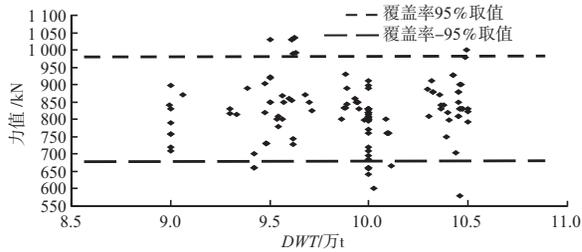
设计船型/万吨级	10	12	15	VLCC
缆绳直径/mm	36	36	38	42

### 2.3 缆绳最小破断载荷 (MBL) 的数值分布及统计取值

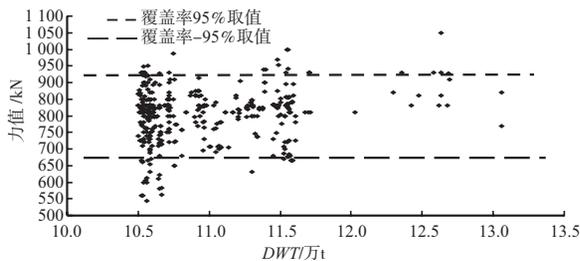
大型油轮的缆绳最小破断载荷 (MBL) 的分船型数据统计，见图3。各吨级船型的缆绳最小破断载荷 (MBL) 统计代表值见表7。

表7 大型油轮缆绳最小破断载荷 (MBL) 统计值

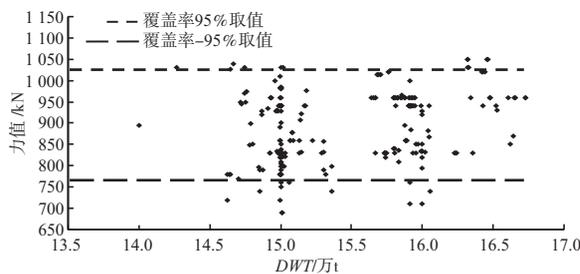
设计船型/ 万吨级	MBL/kN			
	平均值	标准差 $\sigma$	上覆盖率 (95%)	下覆盖率 (-95%)
10	822	88	967	677
12	804	78	932	677
15	895	83	1 031	759
VLCC	1 164	68	1 276	1 052



a) 10万吨级



b) 12万吨级



c) 15万吨级

### 2.4 绞车制动保持力 (BHC) 及其数值分布和统计取值

#### 2.4.1 制动力设定

在进行码头系泊安全分析时，系泊绞车制动力 (BHC) 是常常被忽略的一个重要参数。

劳埃德船级社和挪威船级社的规范以及ISO3730标准，只是规定在缆绳位于绞车第1层的情况下，带式制动器的制动保持力必须达到80% MBL。而OCIMF指南规定，在设计船用系泊设备时，虽然可按照缆绳最小破断载荷的80%来确定系泊绞车的制动保持力，但应可以在使用中可将系泊绞车的制动保持力降到缆绳MBL的60%。

OCIMF认为，考虑到刹车带在使用中的磨损、制动器的伺服效应和刹车带打滑效应，使用中的系泊绞车的制动保持力必须按照缆绳最小破断载荷的60%进行制动力设定。

在刹车带式制动器的制动力设定操作中，当打滑超过初滑点，在完全抱死之前，刹车盘会先旋转1/4 ~ 1/2圈，略停一下，然后刹车带荷载会再接着上升到全压。因此，对于弹簧施压的带式制动器而言，最终的制动力会大于所记录的临界滑动点。一旦把BHC设为80% MBL，则其最终制动力有可能将达到90% ~ 100% MBL，这就有断缆

的危险。所以，将弹簧施压带式制动器的制动力调整设定为不高于60% MBL是很重要的。这样的结果是，某个制动器的制动力达到60% MBL时，制动器开始断续打滑，从而使得整条船的缆力重新分配；若最终制动力（BHC）超过70%~80% MBL，刹车才有可能连续打滑。系泊绞车制动力设定的图示参见图4<sup>[1]</sup>。

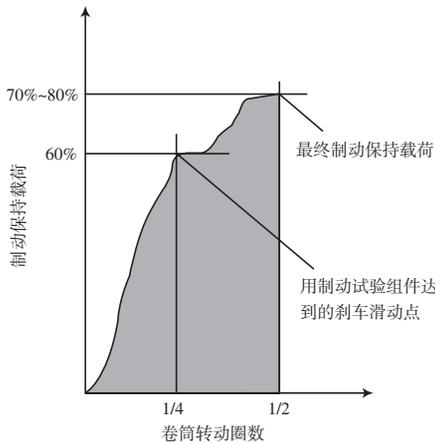
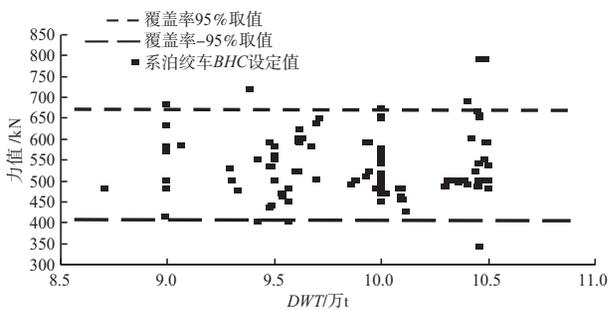


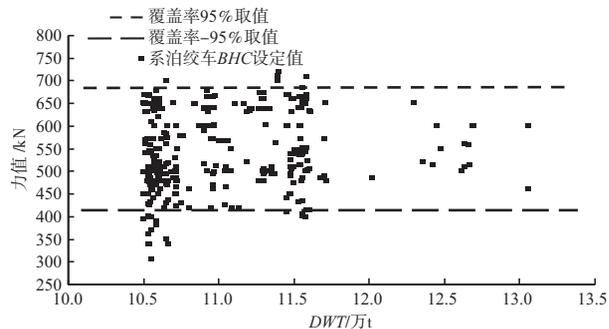
图4 最终制动保持载荷的打滑效应（弹簧施压制动器）

### 2.4.2 绞车制动保持力（BHC）的数值分布及统计取值

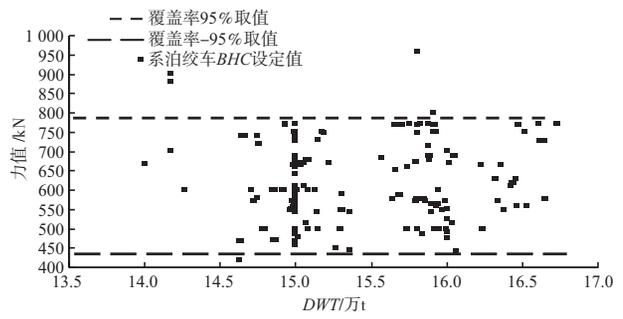
大型油轮的绞车制动保持力（BHC）设定值的数据统计，见图5。各吨级船型的绞车制动保持力（BHC）统计代表值见表8。



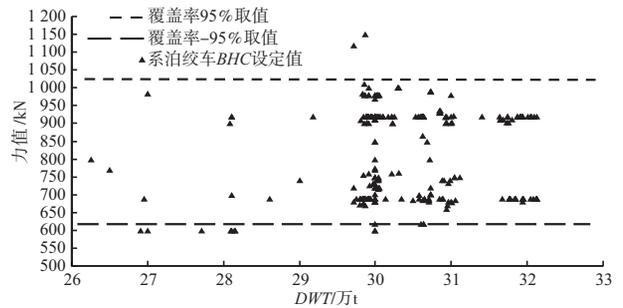
a) 10万吨级



b) 12万吨级



c) 15万吨级



d) VLCC船型

图5 不同船型绞车制动保持力BHC的数值分布

表8 大型油轮绞车制动保持力（BHC）统计值

设计船型 /万吨级	平均值	BHC/kN	
		标准差σ	上覆盖率(95%) 下覆盖率(-95%)
10	533	78	661 405
12	541	85	680 402
15	620	106	794 446
VLCC	817	124	1 021 613

### 2.5 尾绳的长度、材料、直径及破断强度

钢缆配备合成材料制成的尾绳，目的是在系泊时受到冲击负荷的情况下，提高钢丝绳的弹性。按OCIMF指南的要求，合成尾绳的长度，一般为船舷导缆口至岸上系缆桩距离的1/3，但最长不超过11 m；合成尾绳的最小破断强度为钢系泊缆绳的125%。但如果尾绳用尼龙制成，则其最小破断强度为钢缆的137%。

Q88数据显示，目前油轮使用的钢缆和HMPE缆所配尾绳长度均为11 m。

#### 2.5.1 尾绳材料

大型油轮所用尾绳材料分类统计数据见图6。Q88数据中大多直接注明了尾绳材料性质，如尼龙（Polyamide，或译为聚酰胺、锦纶）、涤纶（Polyester，聚酯）、丙纶（Polypropylene，聚丙烯）及几种材料混编，但还有一些仅注明了尾绳

的商标或品牌。鉴于尼龙尾绳在强度要求和伸长率特性上的特殊性，统计中按尼龙、涤纶/丙纶/混编、其他合计3类进行统计。统计结果表明，尼龙尾绳用量最大。

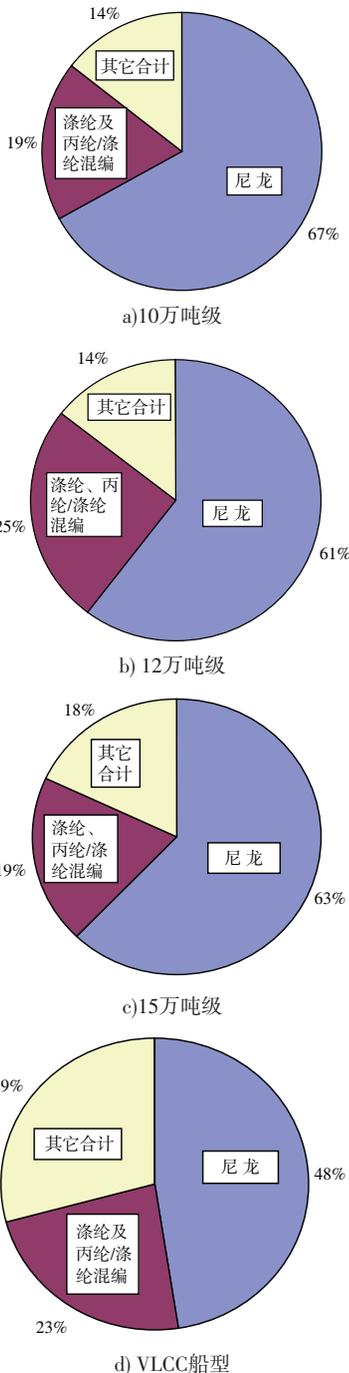


图6 尾绳材料分类统计

### 2.5.2 尾绳直径及其缆绳最小破断载荷

大型油轮所用尾绳直径数据统计情况见图7。其中按全部样本和尼龙尾绳分别进行统计。按用量最大者确定其代表值，见表9。VLCC的尾绳直

径数据中，主要有96 mm和100 mm两种规格。但业界常见的标准规格中是96 mm的尾绳，因此选用96 mm作为这一船型的尾绳直径代表值。统计数据表明，绝大多数油轮满足了OCIMF的相关要求，

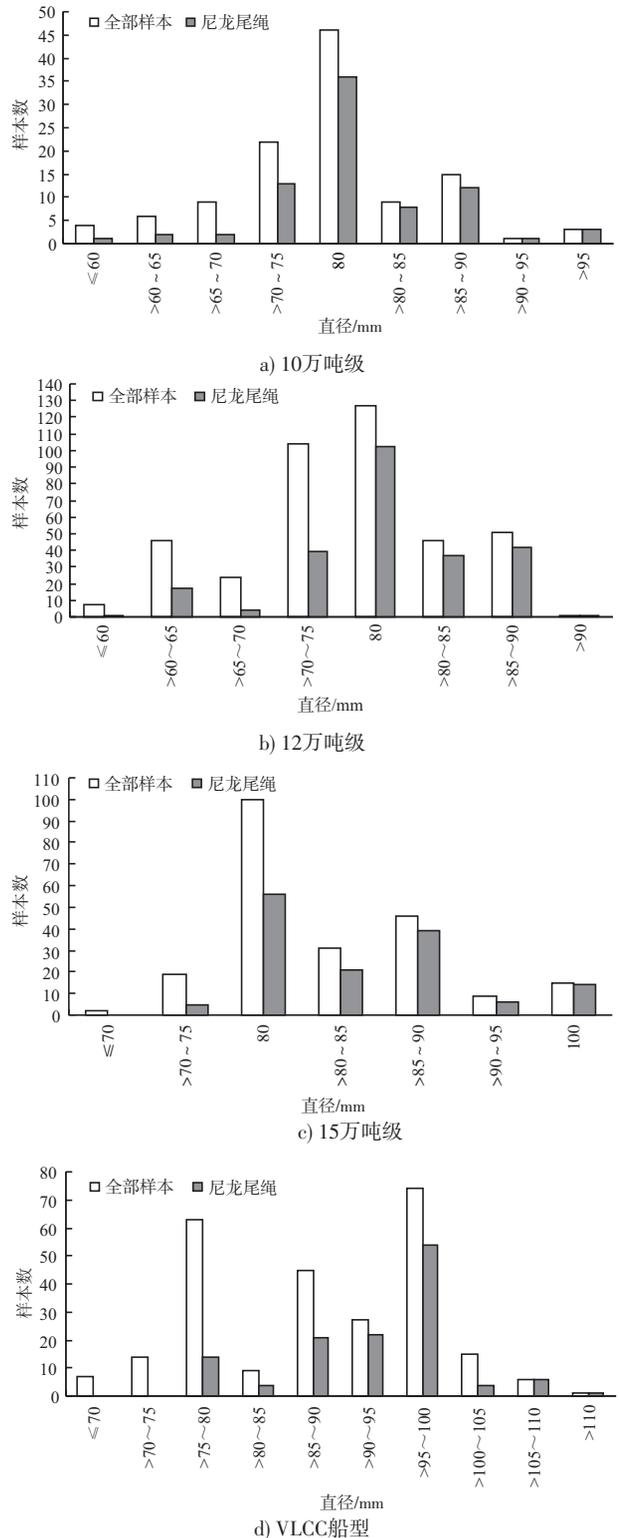


图7 不同船型尾绳直径的数据统计

(下转第97页)