



# 大连汽车滚装码头泊位等级及码头主尺度研究

王玉岭, 尹慧慧, 莫丽丽

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

**摘要:** 以大连港大窑湾北岸汽车码头的建设为例, 通过对近几年大连港到港汽车船船型统计, 并着眼船舶大型化发展趋势, 合理定位泊位等级、数量及预留能力, 使拟建工程适应全球范围内汽车船队主力及发展船型, 提高港口在汽车运输大格局中的竞争力。以上述资料为基础, 根据国内现行规范和船舶实际靠泊情况, 进行码头长度和码头面高程的论证, 供类似规模的工程参考。

**关键词:** 船舶大型化; 泊位等级; 码头长度; 码头面高程

中图分类号: U 656.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)02-0081-06

## On berth class and main scale of Dalian automobile ro-ro terminal

WANG Yu-ling, YIN Hui-hui, MO Li-li

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

**Abstract:** Taking the construction of automobile Ro-Ro terminal of Dalian port at Dayao bay north shore for example, based on statistics of car-carrier ships calling at Dalian port in recent years, focusing on the enlargement tendency of ships, and with reasonably oriented berth level, berth numbers and reserve capacity, we make sure that the proposed project can be adapted to worldwide main car-carrier fleet and the developing ship type, to enhance the competitiveness of Dalian port in the marine automobile transportation competition. Based on the above-mentioned materials, and according to the domestic prevailing specifications and actual ship type calling at berth, we carry out the study of quay length and quay surface elevation, to serve as reference for similar projects.

**Keywords:** enlargement of ship ; berth level; pier length; pier surface elevation

随着我国经济的发展和人民生活水平的日益提高, 汽车已成为老百姓生活中不可或缺的交通工具。在这一形势下, 早在2006年, 交通运输部即在其颁布的《全国沿海港口布局规划》中提出建设8大运输系统, 其中便有“依托汽车产业布局和内、外贸汽车进、出口口岸, 专业化、便捷的商品汽车运输及物流系统”, 凸显对汽车水上运输的重视。2009年以来, 我国已发展成为世界第一大汽车产销国, 形成了东北、京津、长三角、珠三角、华中、西南六大汽车产业集群。以上海港、天津港、广州港、大连港为主的汽车整车口

岸滚装码头运营情况良好, 并呈现出吞吐量日益增长的态势, 发展前景看好, 新的汽车滚装泊位也陆续开展报批和建设<sup>[1]</sup>。但经过近10年的建港高潮, 各大沿海城市可利用的优质岸线资源大幅减少。随着岸线资源的日益紧缺, 在汽车码头建设过程中, 根据汽车船发展趋势和港口运量需求, 合理确定泊位建设等级, 优化岸线长度选取, 并最大限度地选取适应汽车船靠泊装卸作业的码头面高程等问题研究愈显重要。本文以大连港大窑湾北岸汽车码头的建设为例<sup>[2]</sup>, 对汽车滚装泊位的等级确定及码头长度和码头面高程的计算进行深入研究。

收稿日期: 2015-07-08

作者简介: 王玉岭(1982—), 男, 工程师, 从事港口与航道工程设计工作。

### 1 自然条件

#### 1.1 设计水位

设计高水位 4.00 m；设计低水位 0.44 m；  
极端高水位 5.10 m；极端低水位 -1.08 m。

#### 1.2 乘潮水位

全年乘高潮水位 ( $t=2\text{ h}, p=94\%$ ): 2.4 m。  
全年及冬三月乘高潮水位见表 1。

表 1 全年及冬三月乘高潮水位 (乘潮 2 h)

全年		冬三月	
乘潮水位/m	保证率/%	乘潮水位/m	保证率/%
2.65	80	2.50	75
2.50	90	2.35	85
2.40	94	2.25	90

#### 1.3 设计波浪

码头前沿设计波要素见表 2，码头泊稳情况见表 3。

表 2 码头前沿设计波要素

波向	$H_{1\%}/\text{m}$	$H_{4\%}/\text{m}$	$H_{5\%}/\text{m}$	$H_{13\%}/\text{m}$	$\bar{T}/\text{s}$	备注
SSE	2.0	1.6	1.5	1.2	9.4	极端高水位， 设计高水位， 波浪重现期 50 a
SSE	1.8	1.4	1.3	1.0	9.4	设计低水位， 波浪重现期 50 a

表 3 码头泊稳情况

波向	$H_{4\%}/\text{m}$	$\bar{T}/\text{s}$	备注
SSE	0.6	5.6	设计高水位，波浪重现期 2 a

#### 1.4 工程地质

码头及港池区水域已经疏浚至高程 -10 ~ -12 m，主要地层自上而下为淤泥质粉质黏土、粉质黏土、粉砂、圆砾、黏土、全风化辉绿岩、中风化辉绿岩、全风化泥灰岩、强风化泥灰岩、微风化泥灰岩。其中圆砾层最高处高程为 -12.50 m，全风化辉绿岩层最高处高程为 -13.92 m。

### 2 泊位等级确定

#### 2.1 到港船型统计

随着大连汽车码头吞吐量的增加，到港的汽车船数量也增长迅速，2014 年，大连汽车码头到港船舶 625 艘次，比 2010 年年均增长 14.7%，主力船型集中在 0.5 万 ~ 2 万 GT 汽车船。在到港艘次增长的同时，船型也出现大型化趋势，2014 年，1 万 GT 以上船舶由 2010 年 155 艘次增至 259 艘次，最大船为 7 万 GT；外贸航线为 5 万 ~ 7 万 GT，其中南美航线为 5 万 GT，日本航线为 7 万 GT (表 4)。

表 4 大连港到港汽车船统计

船型/GT	2008 年		2010 年		2013 年		2014 年	
	船舶数量/艘	比例/%	船舶数量/艘	比例/%	船舶数量/艘	比例/%	船舶数量/艘	比例/%
0 ~ 999	16	8.9			4	0.74		
1 000 ~ 2 999	45	25.1	94	26.0	152	28.10	186	29.76
3 000 ~ 4 999	34	19.0	35	9.7	27	4.99	27	4.32
5 000 ~ 9 999	72	40.2	177	49.0	123	22.74	153	24.48
10 000 ~ 19 999	6	3.4	84	23.3	144	26.62	149	23.84
20 000 ~ 29 999	4	2.2	13	3.6	41	7.58	40	6.40
30 000 ~ 49 999	2	1.1	25	6.9	25	4.62	41	6.56
50 000 ~ 69 999			29	8.0	21	3.88	28	4.48
≥70 000			4	1.1	4	0.74	1	0.16
合计	179		361		541		625	

#### 2.2 船型发展趋势

截至 2014 年底，全球汽车船队规模达到 835 艘，总载质量为 3 756 万 t，平均 4.5 万 t/艘，载车量 387 万辆，平均载车 4 638 辆/艘 (表 5)。从船型结构

看，世界汽车船队主要集中在 3 万 GT 以上，船舶数量占总运力的 77.7%，7 万吨级以上的船舶有 30 艘。未来 3 年，世界汽车船将有 61 艘交付使用，5 万 GT 以上汽车船舶数量达 54 艘，占总量的 89%。最大船

船为挪威 TMT 公司的 76 500GT, 载车量 5 990 辆, 以及载车量最大的挪威礼诺航运公司 75 717GT, 载车量为 8 500 辆。未来 3 年汽车船订单情况显示, 汽车船大型化趋势显著, 未来仍有继续扩大的空间(表 6)。

表 5 世界汽车船队分吨级统计 (截至 2014 年底)

船型/GT	船舶数量		总载重量		载车量	
	数量/艘	占比/%	数量/GT	占比/%	数量/辆	占比/%
<3 000	20	2.40	43 222	0.12	6 981	0.18
3 001 ~ 5 000	16	1.92	64 489	0.17	9 322	0.24
5 001 ~ 10 000	50	5.99	414 189	1.10	35 631	0.92
10 001 ~ 20 000	59	7.07	879 878	2.34	78 023	2.01
20 001 ~ 30 000	41	4.91	1 030 871	2.74	85 608	2.21
30 001 ~ 50 000	220	26.35	9 435 969	25.12	968 417	25.01
50 001 ~ 60 000	262	31.38	14 896 698	39.66	1 584 699	40.92
60 001 ~ 70 000	137	16.41	8 619 032	22.95	877 154	22.65
>70 001	30	3.59	2 174 702	5.79	226 857	5.86
合计	835		37 559 050		3 872 692	

表 6 世界汽车船未来 3 年交付情况 (截至 2014 年底)

船型/GT	2015 年		2016 年		2017 年		合计	
	数量/艘	总载质量/GT	数量/艘	总载质量/GT	数量/艘	总载质量/GT	数量/艘	总载质量/GT
≤50 000	2	22 999	5	132 400			7	155 399
50 001 ~ 60 000	7	409 650	2	110 000	1	7 000	9	519 650
60 001 ~ 70 000	6	390 900	2	129 200	4	250 400	8	520 100
>70 001	15	1 123 768	13	971 634	4	306 000	28	2 095 402
合计	30	1 947 317	22	1 343 234	9	563 400	52	3 290 551

2.3 泊位等级确定

从前述大连已有汽车码头到港汽车船统计, 以及目前世界汽车船队统计和未来 3 年世界汽车船的交付情况, 均可看出汽车滚装船舶大型化的趋势明显; 另外, 考虑大连地区紧缺的岸线资源, 以及工程区域良好的水深、地质条件, 本项目确

定建设 1 个 5 万 GT 和 2 个 7 万 GT (水工结构预留 10 万 GT) 泊位。

3 码头长度确定

3.1 设计船型

汽车滚装船设计船型主尺度见表 7。

表 7 汽车滚装船设计船型主尺度

船舶吨级/GT	设计船型尺度/m				备注
	总长 L	型宽 B	型深 H	满载吃水 T	
5 000	129	20.0	11.8	6.0	501 ~ 800 车位
10 000	130	21.0	17.7	7.2	801 ~ 1 150 车位
20 000	196	30.0	23.2	8.9	1 151 ~ 3 200 车位
30 000	196	32.2	29.4	9.3	3 201 ~ 5 400 车位
50 000	200	32.3	32.0	10.0	5 401 ~ 6 500 车位, 推荐船型
70 000	262	32.3	32.5	11.8	8 000 车位 (实船), 推荐船型

3.2 码头长度计算

码头总长度根据 JTS 165—2013 《海港总体设

计规范》<sup>[3]</sup> 中规定:

$$L_b = L_j + L_t + L + d + L_t + L + d + L_t + L + d \quad (1)$$

表 8 船跳板在码头上搭接长度  $L_i$

船舶吨级/万 GT	艀斜跳搭接长度/m	艀直跳搭接长度/m
1	10.0	26
3	19.5	31
5	19.5	35
7	19.5	35

注：根据 NKY 船舶资料 208 艘船舶统计，保证率为 75%。

艀斜跳组合：同时停靠 2 艘 7 万 GT、1 艘 5 万 GT 的汽车滚装船舶的泊位组合（图 1），计算泊位总长为 964 m。

艀直跳 + 艀斜跳组合：同时停靠 2 艘 7 万 GT、1 艘 5 万 GT 的汽车滚装船舶的泊位组合（图 2），计算泊位总长为 929.5 m。

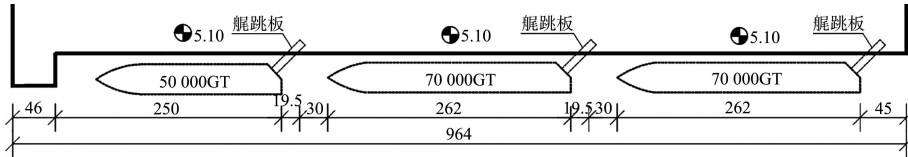


图 1 艀斜跳船舶靠泊组合（单位：m）

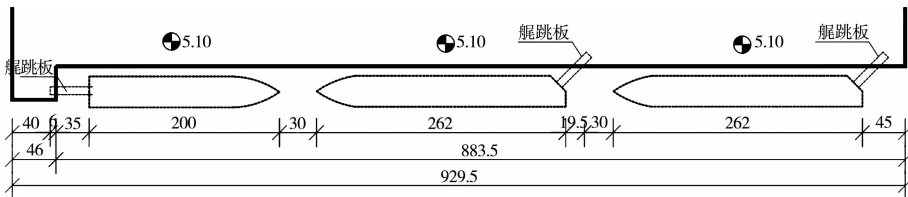


图 2 艀直跳 + 艀斜跳船舶靠泊组合（单位：m）

其他船型组合见表 9。

表 9 主要船型组合

组合	艀跳平台 $L_i$ /m	泊位吨级/GT				码头岸线长度/m
		1 万 GT	3 万 GT	5 万 GT	7 万 GT	
艀斜跳	46			1	2	964.0
	46	2		2		882.5
	46	1	3			960.0
	46	2	1		1	965.5
	46	3			1	885.0
艀直跳 + 艀斜跳	46			1	2	949.0
	46	2		2		866.0
	46	1	3			938.5
	46	2	1		1	949.0
	46	3			1	868.5

综合考虑，本工程 3 个泊位总长度确定为 964 m。

## 4 码头面高程确定

### 4.1 根据现行规范计算

根据 JTS 165 相关规定，本工程位于大窑湾内，湾口有防波堤及岛堤掩护，属于有掩护港口，码头面高程按下式计算：

$$E = HWL + \Delta \quad (2)$$

式中： $E$  为码头顶面高程(5.0 ~ 5.5 m)； $HWL$  为设计高水位，为 4.0 m； $\Delta$  为富裕高度，1.0 ~ 1.5 m。

$$E = \text{极端高水位} + \text{超高值}(0 \sim 0.5 \text{ m}) \quad (3)$$

其中： $E = 5.1 \sim 5.6 \text{ m}$ 。

在结构受力允许的条件下，适当降低码头面高程，可方便汽车滚装船作业。根据规范计算结果，选取计算范围值中较小值，即 5.1 m。

### 4.2 根据实际情况分析

本工程设计船型为 7 万 GT 汽车滚装船 (PCTC 船)，同时兼顾 7 万 GT 以下船舶靠泊。根据 4.1 节中采用现行规范计算得到的码头面高程取值范围，并首先假定高程取较小值，即 5.1 m 的情况下，通过对大窑湾湾底已有汽车码头近年来到港的日本邮船 (NYK) 208 艘船舶资料进行统计 (表 10)，并根据目前收集到的 7 万 GT 汽车滚装船情况，取 7 万 GT 典型船舶分析极限条件下 (满载低水位或空载高水位) 船舶作业情况 (图 3)。

表 10 汽车滚装船舶型参数 (到港实船)

船名	船型参数				艏直跳板				船中跳板		
	吨级/GT	船长/m	型宽/m	吃水/m	距离船底/m	长/m	宽/m	角度/(°)	距离船底/m	宽/m	长/m
TRIO HAPPINESS	9 979	116	20.3	6.014	10.4	17	5	45			
Galaxy shipping PTE. LTD	9 535	100.29	21	6.6	10.03	22	5.5	35			
Hesnes signe S/A	14 433	132.58	22.04	8.518	12.05	23.5	5.0	35			
Trio happiness S. A.	7 873	114.5	19.6	7.29	9.8	18.5	4.4	45			
Ocean Freedom Shipping S. A.	23 107	163.91	24.7	8.014	13	25	4.5				
Koshien Shipping S. A.	24 930	164.85	27	8.1	12.03	22.025	5.22	11.9	17.5	3.5	
Aries Maritime Enterprises S. A.	27 267	158.94	27.8	8.717	13.34	27	5	35	11.97	16.5	4
I. M. A Lines Co., S. A.	16 201	146.6	20	6.214	10.15	22	5.5	35			
Vicotory Shipholding	41 195	180	32.26	9.02	14.99	28.5	5	25	12.04	14.5	3.6
Queroda Maritima SA	38 659	182	30	9.02	15.38	31	5	30	12.58	15	4.3
Atlantica di Navigazione S. P. A.	37 726	176	31.3	8.77	14.46	32	7.5	30	11.45	16.7	4.2
Septimode Marino S. A.	31 355	174	28	8.015 5	13.55	30	7	35	10.65	15	4
N. Y. K	55 489	198.6	32.2	9.673	14.3	31	7.04	30	10.91	15.95	4.2
Wallenius Lines	51 858	199	32.26	11.66	13.69	42.4	7	30	13.69	25.3	4.5
Scorpio Carriers Ltd	57 566	199.93	32.26	10.019	15.27	40	8	35	11.87	20	4.2
Hereures Shipholding	45 422	179.7	32.26	8.52	15.3	35	4	35	12.69	15	4
Taronga	72 708	264.6	32.26	11.78	14.85	45.4	12	35			
Endurance	72 708	264.4	32.26	11.78	14.85	36	12	35			
MORNING LINDA	68 701	232.28	32.26	10.018	12.9	39.7	15	35	12.9	7	25
TAMPA	66 635	262	32.26	11.728	14.8	40	12	35			
Tonsberg	74 622	265	32.26	12.3	15.2	45.4	12	35			

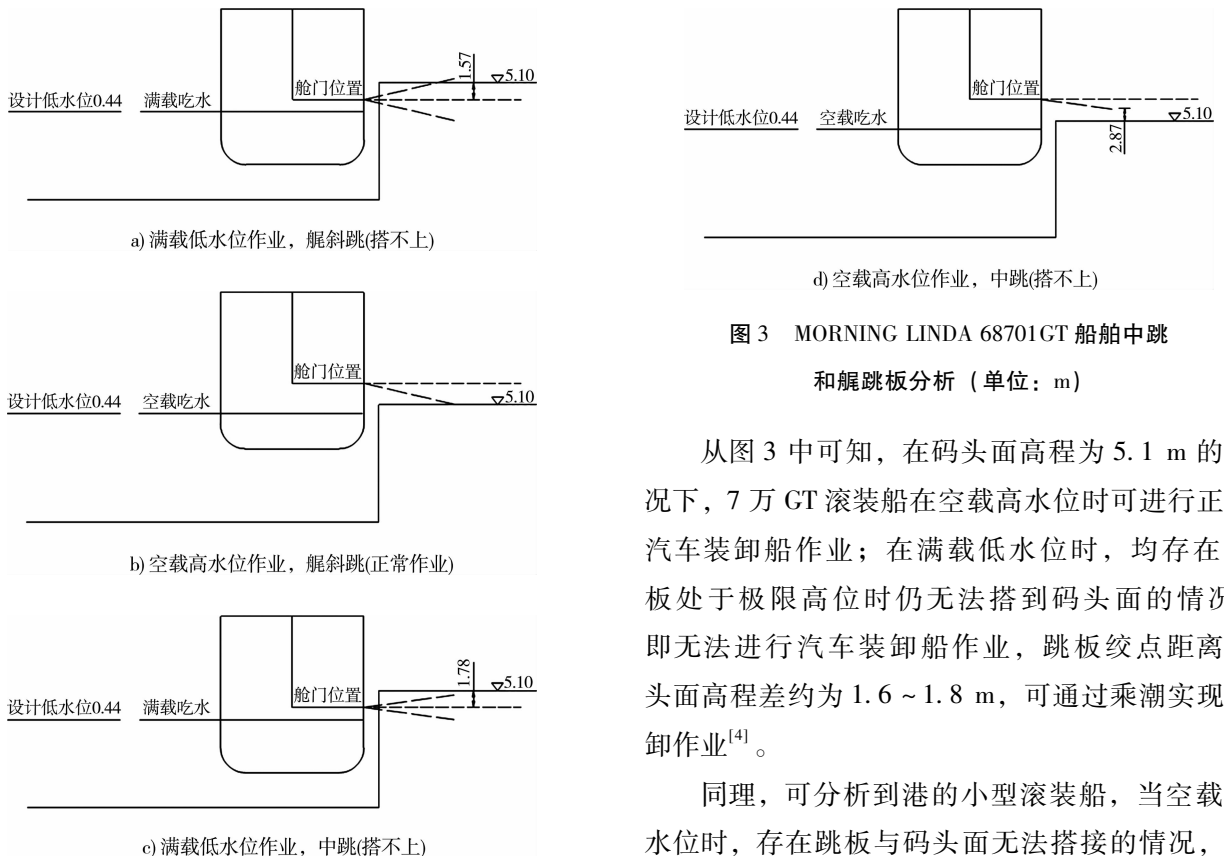


图 3 MORNING LINDA 68701GT 船舶中跳和艏跳板分析 (单位: m)

从图 3 中可知, 在码头面高程为 5.1 m 的情况下, 7 万 GT 滚装船在空载高水位时可进行正常汽车装卸船作业; 在满载低水位时, 均存在跳板处于极限高位时仍无法搭到码头面的情况, 即无法进行汽车装卸船作业, 跳板绞点距离码头面高程差约为 1.6 ~ 1.8 m, 可通过乘潮实现装卸作业<sup>[4]</sup>。

同理, 可分析到港的小型滚装船, 当空载高水位时, 存在跳板与码头面无法搭接的情况, 采

取的解决方案同样为等潮水（落潮）作业。

根据对大窑湾湾底已有汽车码头 2007—2014 年到港汽车滚装船船型分布的统计（表 11）及到港汽车船装卸车量和装卸效率统计（表 12），现有大连汽车码头接卸的各吨级汽车滚装船均可全天候作业，没有存在跳板与码头面搭接不上的情况，原因是没有出现船舶满载（或空载）和低水位（或高水位）同时并存的极端情况。同时，结合现有大连港汽车泊位运营特点，各吨级船舶平均载车率均在 60% 以下，且本次新建工程的后期运营性质与现有汽车泊位相同（非点到点），因此可推断本工程今后到港船舶满载或空载的极端情况基本不会发生或发生几率很小，若完全按照船舶满载或空载考虑码头设计主尺度，必然会对工程投资造成较大影响。由此可见，综合考虑码头的经济性和对船舶的适应性，确定码头面高程为 5.1 m 相对合理。同时，在以上提到的几率很小的极端情况发生的情况下，可适时采取乘潮作业模式解决，不会对码头整体运营造成影响。

#### 4.3 码头面高程的确定

通过现行规范的计算以及实际情况分析，综合考虑技术、经济及码头运营特点等方面的影响，大窑湾北岸汽车码头工程的码头面高程取为 5.1 m，可以满足码头作业需要。

表 11 汽车滚装船到港船型分布

船型	艘次	比例/%
5 000GT	537	21
1 万 GT	1 058	41
2 万 GT	580	22
3 万 GT	249	10
5 万 GT	119	5
7 万 GT	39	2
总计	2 582	100

表 12 商品汽车装卸船量及装卸效率

船型	船舶额定载车量/辆	船舶平均在港装卸量/辆	船舶平均载车率/%	平均装卸效率/(辆·h <sup>-1</sup> )
5 000 GT	705	237	34	110
1 万 GT	858	497	58	140
2 万 GT	2 147	584	27	150
3 万 GT	4 018	197	5	100
5 万 GT	5 510	521	9	100
7 万 GT	8 000	637	8	150

注：船舶平均载车率为船舶平均在港装卸量与船舶额定载车量比值，非船舶实载率。

## 5 结语

1) 汽车滚装船船舶大型化发展趋势日益明显，虽然现今尚无 10 万 GT 的大型汽车滚装船在使用，但可推断，在世界汽车贸易不断发展的情况下，更大型的汽车滚装船定会占据汽车水上运输领域越来越高的比重。

2) 汽车滚装船船型日趋多样化，在确定滚装码头岸线长度时，应尽可能较全面的考虑船舶跳板位置、长度，以及靠泊方式等因素，合理利用紧缺的岸线资源。

3) 为使建设的滚装码头效率最高化、效益最大化，在计算码头面高程过程中，除根据当地自然条件和环境特点、通过现行规范进行计算外，还应结合码头运营特点及各类滚装船预计到港情况合理论证。

## 参考文献：

- [1] 于文彬. 大窑湾北岸汽车码头发展战略研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2013.
- [2] 中交水运规划设计院有限公司. 大连港大窑湾北岸汽车物流中心配套码头工程(5#~7#泊位)初步设计报告[R]. 北京: 中交水运规划设计院有限公司, 2014.
- [3] JTS 165—2013 海港总体设计规范[S].
- [4] 李瑞刚, 张志平, 董志强, 等. 现代滚装汽车码头设计[J]. 水运工程, 2011(9): 150-153.

(本文编辑 郭雪珍)