



# LNG 码头靠船墩布置

宋伟华, 陈旭达, 张 勇, 覃 杰

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510230)

**摘要:** LNG 码头平面设计中, 最为重要的是靠船墩位置的设计。针对常规靠船墩位置的设计是按照规范的系数要求选取的, 但较难适应所有 LNG 船型的靠泊。研究如何提高靠船墩对各种 LNG 船的靠泊适应性: 分析 LNG 船的仓容分布、储罐类型和外型特点, 介绍 LNG 船靠泊准则, 并结合某海外 1 万~22 万 m<sup>3</sup> LNG 码头工程论述靠船墩的布置。得出如下结论: 合理的靠船墩位置不是关于工作平台对称的, 而应适当增加船尾方向的靠船墩与工作平台的距离。

**关键词:** LNG 码头; 船体平直段; 管汇; 靠船墩

中图分类号: U 652.7

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)06-0083-06

## Breasting dolphin design in LNG terminal

SONG Wei-hua, CHEN Xu-da, ZHANG Yong, QIN Jie

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510230, China)

**Abstract:** In the design of the LNG terminal, the design of the breasting dolphin location is most important. Generally, the breasting dolphin location is designed based on the coefficient requirement in the relevant standards. But it is not suitable for all LNG vessels. Therefore, the paper researches on the compatibility of breasting dolphins to various LNG vessels. Analyzing the storage capacity, tanker type, and appearance characteristics of the LNG vessel, introducing the berthing guidelines for the LNG vessel, and expounding the arrangement of the breasting dolphin based on an overseas 10,000 ~ 220,000 m<sup>3</sup> LNG vessels project, we conclude that the suitable breasting dolphin location isn't symmetrical about the working platform and the distance between the working platform and breasting dolphin at stern should be increased properly.

**Keywords:** LNG terminal; hull's flat and straight section; pipe manifold; breasting dolphin

随着我国大力推行清洁能源政策, 天然气消费量增长迅速, 各地 LNG(液化天然气)接收站应运而生。其中, LNG 码头作为进口卸货的关键环节, 是接收站的重要配套工程。LNG 码头平面布置的安全性尤为重要, 是工程成败的关键。通常, LNG 码头采用蝶形布置, 靠船墩布置是其中的核心, 影响着船舶靠泊和装卸作业的安全。目前, 常规靠船墩位置设计是按照规范的系数要求来选取的。但是, LNG 船具有一定的特殊性, 同常规油船、化工品船有所不同, 仅按规

范来设计的靠船墩位置较难适应所有 LNG 船型的靠泊。

覃杰<sup>[1]</sup>对大型孤岛式油气码头的设计要点进行了分析; 朱忠余<sup>[2]</sup>针对浙江 LNG 码头总平面布置结合试验进行研究; 黄高新<sup>[3]</sup>对大型液化天然气码头的靠船墩布置进行研究。但是, 上述研究未对 LNG 船的特点和靠船墩位置设计进行解析。

因此, 本文将介绍 LNG 船的仓容分布、储罐类型、船体平直段、管汇位置和外型分类等基本

情况，再结合某海外 1 万~22 万  $m^3$  LNG 码头分析 LNG 码头的靠船墩布置要点。

## 1 LNG 船仓容和储罐类型

### 1.1 仓容分布

根据 2018 年 Clarkson 数据库资料显示，全球在役 LNG 船 531 艘，仓容分布如表 1 所示。其中，主流 LNG 船的船型仓容为 10 万~20 万  $m^3$ ，20 万  $m^3$  仓容以上的 LNG 船 46 艘，主要有 21.0 万、21.6 万和 26.7 万  $m^3$  等 3 种类型，卡塔尔天然气公司独占 28 艘。其中，11 艘 26.7 万  $m^3$  LNG 船全部归属卡塔尔天然气公司。

表 1 全球在役 LNG 船仓容分布

仓容/万 $m^3$	船舶数量/艘	占比/%
0.0~5.0	39	7.3
5.0~10.0	7	1.3
10.0~15.0	217	40.8
15.0~20.0	222	41.8
20.0~26.7	46	8.8

### 1.2 储罐分类

LNG 船的储罐是独立于船体的特殊构造，储罐形式对 LNG 船的设计影响很大。目前世界上 LNG 船的储罐形式主要有自撑式和薄膜式 2 种。

自撑式有 A 型和 B 型，其中 A 型为棱形或称为 IHI SPB，设置完整的二级防漏隔层，以防护全部货物泄漏；B 型为球形，设置部分二级防漏隔层，以防护少量货物泄漏。

薄膜式有 Technigaz 和 Gaz-Transport 2 种，前者货舱内壁为波纹型，可同步加工预制件，缩短造船时间；后者货舱内壁为平板型，不可预先加工部件，制造时间较长。

## 2 LNG 船外型特点

### 2.1 船体平直段

船体平直段是船舶两侧平整的船体区域（图 1），其作用是保证船舶与护舷防冲板能有效接触。

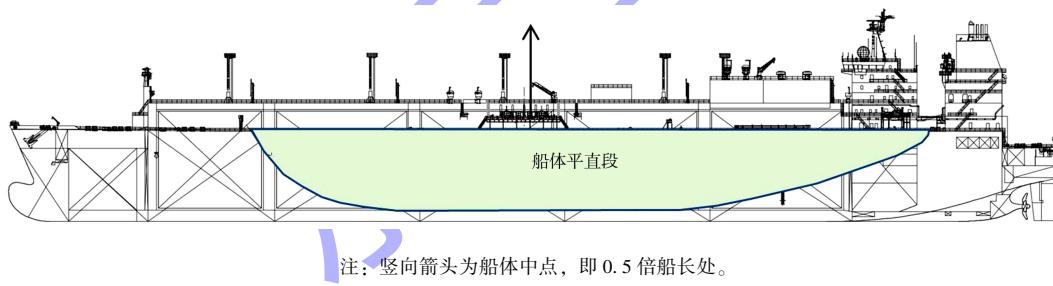


图 1 某 22 万  $m^3$  LNG 船立面图

### 2.2 管汇

管汇是 LNG 船两侧用来与码头上装卸臂进行装卸作业连接的管道接口，即图 1 船体中点附近甲板上的设备，见图 2。通常，LNG 船的管汇包

括 5 个接口：1 个气相接口和 4 个液相接口，其中，气相接口必须位于管汇中心。对于部分小仓容的 LNG 船，管汇会缩减为 3 个接口：1 个气相接口和 2 个液相接口。

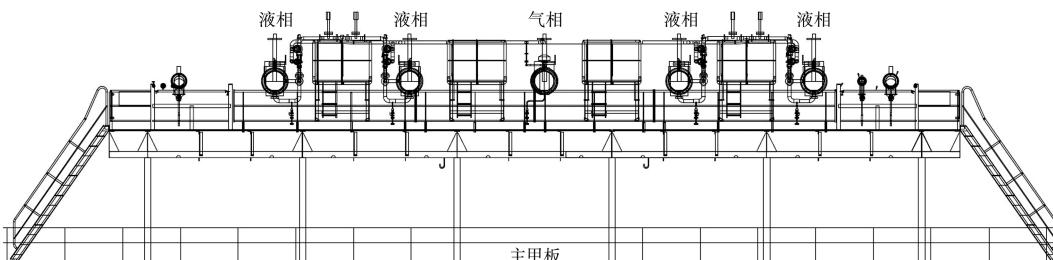


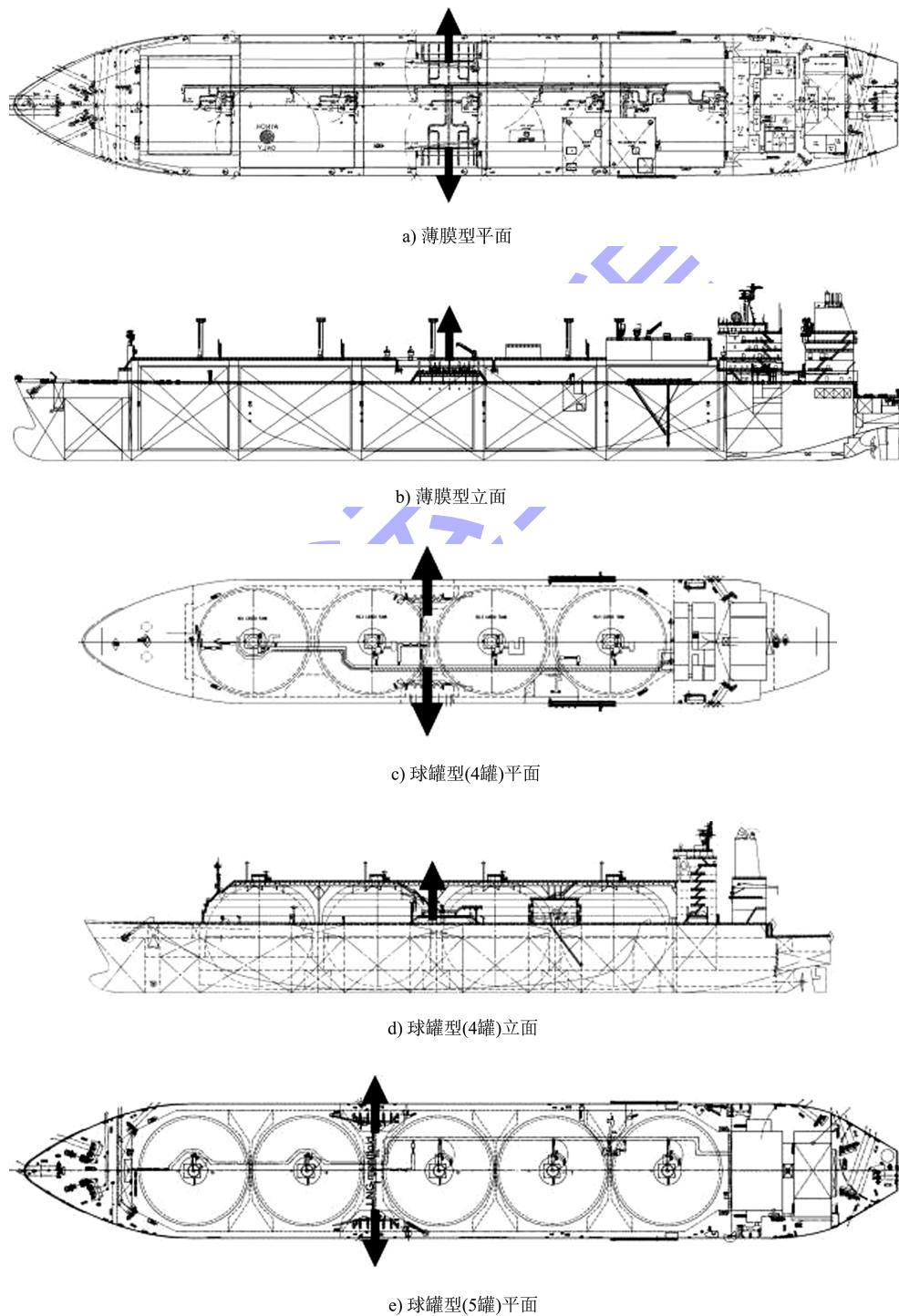
图 2 某 22 万  $m^3$  LNG 船管汇

OCIMF-Manifold Recommendations for Liquefied Gas Carriers(2011)的3.1节<sup>[4]</sup>规定,LNG船的管汇中心和船舶纵向中心的偏差不应超过5 m。如在图1中,管汇中心和船舶纵向中心存在2 m偏差。但是,对于球罐型LNG船,管汇中心通常难以满足规范3.1节的要求,这会引起船舶靠泊困难,

也是本文着重研究的内容。

### 2.3 外型分类

根据船舶外型,LNG船主要分为薄膜型和球罐型2种(图3),图中箭头示意了管汇中心位置。其中,常见的球罐型LNG船由4或5个球形储罐组成。



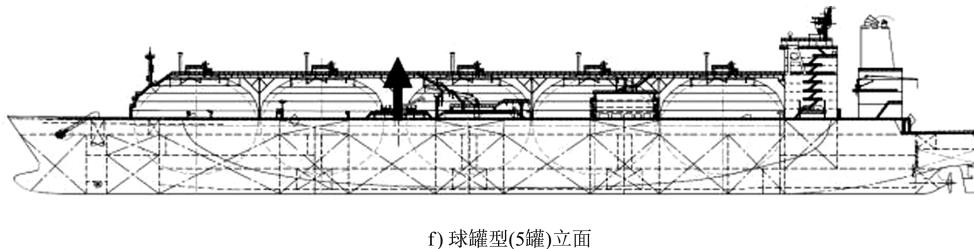


图 3 LNG 船外型分类

从图 3 可知：

1) 甲板面上高度：因球罐型的半球部分露在甲板面上，故球罐型船甲板面上高度大于薄膜型船，导致受风面积大，船舶操控难度较大。

2) 管汇位置：薄膜型船的管汇位置遵循 OCIMF 要求，几乎处于船舶纵向中心。球罐型船因结构特点，管汇只能设置在 2 个球罐的中间。对于 4 个球罐船，管汇位置较薄膜型船有较小偏差，远离船舶纵向中心；对于 5 个球罐船，管汇位置较薄膜型船有很大偏差，明显偏离船舶纵向中心，这将对船舶靠泊产生极大影响。

3) 船体平直段：每艘船的船体平直段都不是关于船中完全对称，有的平直段偏向船首，有的偏向船尾。因此，在进行靠船墩设计时，需要考虑各种船型平直段的影响。

### 3 靠泊分析

#### 3.1 靠泊准则

我国《海港总体设计规范》的 5.4.22.1 节<sup>[5]</sup>规定，蝶形布置泊位通常设置 2 个靠船墩，两墩中心间距可为设计船长的 30%~45%，兼靠船型范围较大时，可增设辅助靠船墩。

英国规范 BS 6349-4-2014 的 4.4.3 节<sup>[6]</sup>和 OCIMF (*Mooring Equipment Guidelines-MEG3*) 的 1.11.1 节<sup>[7]</sup>要求，2 个靠船墩中心间距应为设计船长的 0.25~0.40 倍。

上述国内外规范对靠船墩中心距的要求有所不同。在工程设计中，要在满足规范的基础上，开展更为详细的分析来确定靠船墩位置。靠船墩位置要能保证船舶靠泊时，至少 2 个靠船墩的护舷防冲板与船体平直段完全接触，使护舷反力均匀分布在船体，避免船体局部受压超出船体设计承载力而破坏船体。

根据上文，LNG 船上的气相接口必须位于管汇中心。同理，在 LNG 码头的设计中，工作平台上的装卸臂也将气相臂设置在中间，两边分别为液相臂。在船舶靠泊时，必须是工作平台上气相臂和船舶气相接口对齐，然后气相连气相，液相连液相。因为装卸臂是基于这种工况设计的，如果工作平台上气相臂和船舶气相接口偏差较大，会压缩装卸臂的安全作业空间，影响装卸作业安全。

因此，LNG 船靠泊准则就是工作平台上气相臂和船舶气相接口对齐，见图 4。

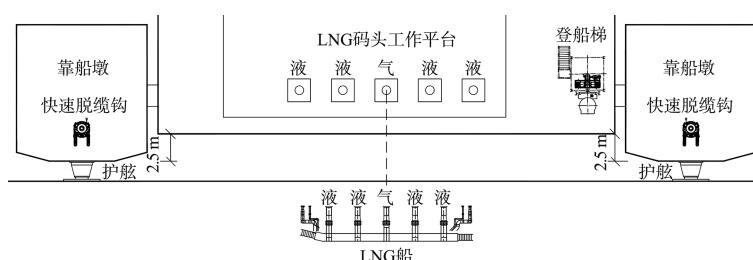


图 4 LNG 船靠泊示意

### 3.2 分析思路

1) 分析设计船型, 选出代表船型。通常针对船长按一定间隔选取代表船型, 间隔越小, 代表船型越多, 分析结果越可靠。如图 3 所示, 还应特别选出不同球罐数量的 LNG 船进行分析。

2) 考虑船舶设计低水位满载和设计高水位压载情况下的 2 种极端靠泊工况。其中, 控制工况通常为设计高水位压载情况。

3) 考虑船舶管汇的气相接口和码头装卸臂的气相臂连接, 确定船舶和码头相对位置。

4) 调整靠船墩位置, 使船体平直段能与至少 2 个靠船墩上的护舷防冲板完全接触。

### 3.3 分析结果

举例的项目中, 码头设计船型范围为 1 万~22 万  $m^3$  LNG 船。因此, 考虑设计 4 个靠船墩。

码头内侧靠船墩中心间距按 1 万  $m^3$  LNG 船计算:  $(0.25 \sim 0.40) \times \text{船长}$ , 为 34.3~54.8 m。

码头外侧靠船墩中心间距按 22 万  $m^3$  LNG 船计算:  $(0.25 \sim 0.40) \times \text{船长}$ , 为 78.8~126.0 m。

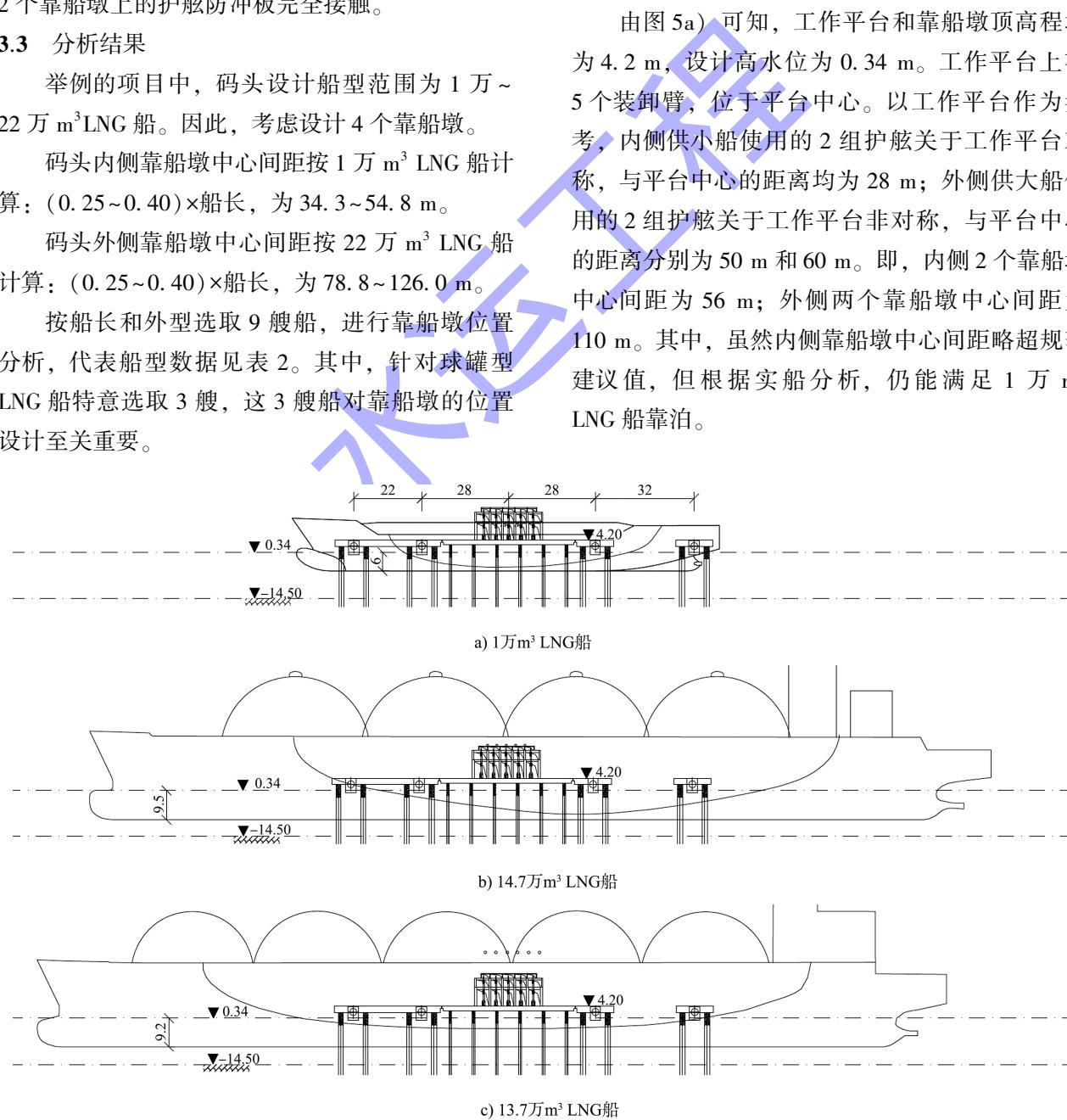
按船长和外型选取 9 艘船, 进行靠船墩位置分析, 代表船型数据见表 2。其中, 针对球罐型 LNG 船特意选取 3 艘, 这 3 艘船对靠船墩的位置设计至关重要。

表 2 代表船型数据

仓容/ 万 $m^3$	外型 类型	船长/ m	船宽/ m	满载 吃水/m	压载 吃水/m
1.0	薄膜型	137.10	19.80	6.70	6.00
4.0	薄膜型	207.00	29.00	9.00	8.00
9.0	薄膜型	239.00	40.00	11.00	9.00
13.8	薄膜型	277.00	43.40	11.52	9.60
16.5	薄膜型	286.18	43.40	11.90	9.37
14.7	球罐型(4 罐)	289.50	49.00	11.60	9.45
13.7	球罐型(5 罐)	293.00	45.75	11.27	9.15
13.5	球罐型(5 罐)	297.50	45.79	11.25	9.10
21.7	薄膜型	315.00	50.00	12.00	9.77

图 5 为表 2 中 5 艘代表船型在设计高水位压载情况下的分析结果。

由图 5a) 可知, 工作平台和靠船墩顶高程均为 4.2 m, 设计高水位为 0.34 m。工作平台上 5 个装卸臂, 位于平台中心。以工作平台作为参考, 内侧供小船使用的 2 组护舷关于工作平台对称, 与平台中心的距离均为 28 m; 外侧供大船使用的 2 组护舷关于工作平台非对称, 与平台中心的距离分别为 50 m 和 60 m。即, 内侧 2 个靠船墩中心间距为 56 m; 外侧两个靠船墩中心间距为 110 m。其中, 虽然内侧靠船墩中心间距略超规范建议值, 但根据实船分析, 仍能满足 1 万  $m^3$  LNG 船靠泊。



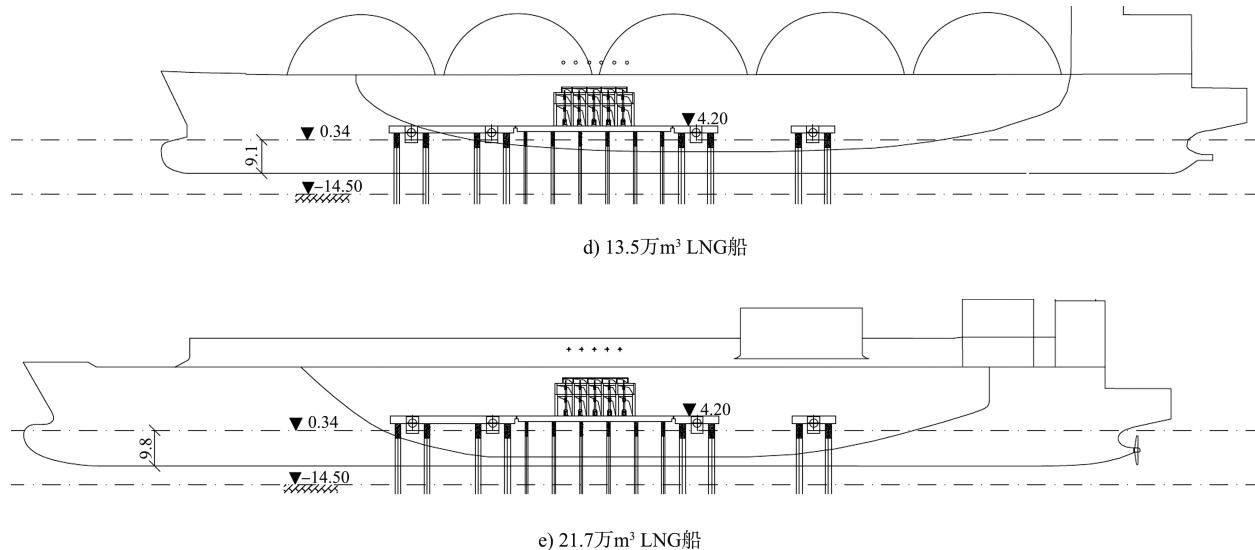


图5 代表船型设计高水位压载情况下的靠泊分析 (单位: m)

分析图5可知:

1) 球罐型 LNG 船靠泊时, 船体平直段关于码头中心严重不对称, 靠船墩位置应调整到满足各种船型的靠泊需要。外侧 2 个靠船墩中, 船尾侧的要比船首侧的更远离工作平台。

2) 球罐型 LNG 船管汇位置严重偏离船体中心, 导致船舶停靠时相对码头的位置出现很大变动, 较明显地偏向船首或船尾。这对系缆墩布置影响很大, 须重点考虑。

3)LNG 船的船体平直段长度与船长的比例也有较大差异。仅按规范给定的参考值来设计靠船墩位置, 可能会出现无法安全靠泊的情况。

#### 4 结语

1)LNG 船的储罐形式主要有自撑式和薄膜式 2 种;

2)LNG 船具有一定的特殊性, 船舶外型决定船体平直段对称性和管汇位置, 从而影响码头设计;

3)通过船舶管汇的气相接口和码头装卸臂的气相臂连接, 可确定船舶和码头相对位置;

- 4) 靠船墩位置应能使船体平直段与至少两个靠船墩上的护舷防冲板完全接触;
- 5) 考虑到球罐型 LNG 船的靠泊, 应适当增加船尾方向的靠船墩与工作平台的距离。

#### 参考文献:

- [1] 覃杰, 杨孟愚, 厉萍, 等.超大型石化临港工业码头平面布局[J].水运工程, 2012(2): 50-54.
- [2] 朱忠余, 靳如刚, 高峰.浙江 LNG 码头总平面布置试验研究[J].水运工程, 2013(10): 102-106.
- [3] 黄高新.大型液化天然气码头靠船墩布置研究[J].港工技术, 2015, 52(5): 45-48.
- [4] OCIMF. Manifold recommendations for liquefied gas carriers[S]. Glasgow: Bell & Bain Ltd., 2011.
- [5] 中交水运规划设计院有限公司.海港总体设计规范: JTS 165—2013[S].北京: 人民交通出版社, 2014.
- [6] British Standards Institution. Code of practice for design of fendering and mooring systems: BS 6349-4—2014 [S]. London: BSI Standards Limited, 2014.
- [7] OCIMF. Mooring equipment guidelines-MEG3 [S]. Glasgow: Bell & Bain Ltd., 2008.

(本文编辑 郭雪珍)