



其他货类码头改为 LNG 码头的 关键因素和技术要点

钱怡杰, 周娜

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

摘要: 针对近年来其他货类码头改 LNG 码头过程中遇到的技术问题, 结合工程实例进行研究, 通过分析设计标准、平面布置、系靠泊方式、水工结构和工艺需求等关键因素, 梳理、归纳出 LNG 码头在改造过程中的 15 条技术要点, 形成一套改造技术体系, 涵盖泊位长度、系靠泊设施、集液池和补偿平台和原构筑物与设计标准的匹配等, 并依托工程实例的自身不同特点验证其适用性。依据该体系便于快速提出安全、合理、适用性强的设计方案, 为相似工程提供借鉴。

关键词: 改 LNG; 关键因素; 改造技术要点; 分析体系

中图分类号: U656.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)07-0062-06

Key factors and technical points for converting other cargo terminals to LNG terminals

QIAN Yijie, ZHOU Na

(CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: In response to technical problems encountered during the process of transforming other cargo terminals to LNG terminals in recent years, this paper analyzes key factors such as design standards, layout, berthing methods, hydraulic structures, and process requirements combined with engineering examples. The paper sorts out and summarizes 15 technical points in the transformation process of LNG terminals, and forms a set of transformation technical system which covers berth length, berthing facilities, liquid collecting tanks, compensation platforms and the compatibility of original structures and design standards, etc., and verifies its applicability based on the different characteristics of engineering examples. Based on this system, a safe, reasonable and applicable design scheme can be quickly proposed, which can provide reference for similar projects.

Keywords: convert to LNG; key factor; transformation technical point; analysis framework

随着我国能源结构的调整, LNG(液化天然气)清洁能源优势凸显, LNG 接收站全面开花。为响应国家发改委《能源发展“十三五”规划》提出的“优先放大已建 LNG 接收站储转能力, 适度新建 LNG 接收站”, 改造现有码头为 LNG 码头实现转型升级是顺应时势的举措, 也是对稀缺岸线资源的科学利用。改造 LNG 码头的优势包括: 1) 对已建码头局部改造, 见效快, 造价经济; 2) 省去

了大部分结构的施工时间, 建设工期短; 3) 原项目已建成或投入运营, 在已有码头设施基础上改造对周边环境影响小。

因 LNG 物料的特殊性, LNG 码头改造从设计标准、平面布置、工艺改造和结构复核均提出了不同于一般货物码头的要求。本文对改造原则、技术要点进行深入研究, 并结合典型 LNG 码头改造工程, 多方面归纳技术要点, 旨在为类似工程提供参考。

收稿日期: 2023-10-30

作者简介: 钱怡杰(1982—), 女, 高级工程师, 从事港口工程设计工作。

1 LNG 码头改造总体原则

LNG 码头改造时需遵循以下原则:1) 规划符合性:改造后港址符合当地港口总体规划,或在港区规划开启修编前提下展开工作;2) 安全距离^[1]:改造后与周边环境的安全距离应符合规范要求,包括与航道边线的净距、与锚地的净距、与陆上储罐的净距、与相邻泊位的船舶净距、与建筑物的防火间距等;3) 检测评估^[2]:在改造前应先对既有码头做全面检测,进行安全性、适用性和耐久性评估,改造工程应在既有码头结构完好条件下或结构已修复后进行;4) 对现有平面、水工结构、工艺和配套设施进行复核,确保满足油气化工码头防火要求。其中前三者是必要条件,本文主要针对第4点涉及的平面、水工结构、工艺和配套设施复核改造要点进行分析、讨论。

此外,改造码头应充分利用已有设施和依托条件,尽量减少改造工作量,最大限度降低对现有码头运营的影响,节省建设投资。

2 LNG 改造关键因素和技术要点

2.1 泊位平面布置调整

2.1.1 泊位长度复核

LNG 泊位的平面布置一般采用蝶形或一字形,系、靠船墩位于工作平台两侧对称布置。《液化天然气码头设计规范》规定泊位长度可取1.0~1.3倍设计船长或装置长度,不宜小于1倍设计船长或装置长度。

泊位平面布置复核需兼顾船舶靠泊和与相邻泊位安全间距的要求,复核结果大致可分为3种:1) 原泊位布置满足改造要求,无需改造;2) 原泊位长度满足改造要求,但单体设计不满足使用要求,根据功能需求调整平面布置后泊位加长;3) 原泊位长度不够,需调整平面布置、加长泊位。LNG 码头改造中后2种情况更为常见。

2.1.2 系、靠泊设施复核

LNG 码头系、靠船墩的布置和设计 with 船型尺度、船舶装载、潮差大小、风浪流等最不利荷载的作用、船舶管汇位置等诸多因素有关。大型码头一般设2主2副靠船墩以适应多种到港船型,

靠船墩间距取25%~45%设计船长。系缆墩宜布置在码头前沿线后方约50m,一般两侧各设3~4个;布置形式可通过Optimoor模型软件、物理模型或数模进行验证。

对原布置为蝶形或一字形码头的系、靠泊设施进行复核时,应将LNG船舶管汇中心与泊位操作平台上卸料臂对齐,若原布置能满足靠泊需求,则只需对结构复核,并根据需要对结构或设施进行改造;反之则要新建系、靠船墩及设施。

改造连片式码头较为特殊,如利用原码头中间段作为工作平台和靠船墩,则因原系缆位置距离前沿线太近,缆绳对船舶的约束不利,导致LNG船舶的运动量超规范要求,缆绳受力不均,易发生断缆事故。因此,需在码头后沿新建系缆墩,且为保证缆绳与水平面的夹角,新建墩台顶高程要高于前沿已建码头,避免影响系缆。

2.2 货种工艺带来的调整、改造

1) 工作平台改造。一般码头宽度较LNG工作平台宽度窄,需要加宽以满足装卸设备和装置布置需求。

2) 增设泄漏收集池。与一般货类码头不同,LNG 码头应设置紧急泄漏收集池(具有一定有效容积的敞口低温混凝土墩台,与装卸区保证30~40m的安全距离)。增设的收集池一般布置在工作平台或靠船墩后沿,紧急情况下装卸区围坎内泄露的LNG通过码头面新设的LNG收集沟流向收集池。收集沟具有一定断面尺寸要求,因工作平台结构形式不同,需采取不同的措施凿除局部面层形成收集沟。

3) 增设补偿平台。LNG 储存及运行温度不高于-140℃,与站区低温源相连接的LNG 管线采用水平π弯进行温度补偿,码头与陆域罐区距离较大时,需在引桥管线侧设置补偿平台,间距150~250m不等。其他货类码头改造为LNG 码头时,一般需新增补偿平台,适当拉大平台间距有利于降低工程造价。

4) 引桥改造。LNG 管线布置时需复核引桥宽度,使之满足管线和车辆通行要求。

5) 其他改造。LNG 装卸工艺可能会带来上部设

备基础的调整,如新增 LNG 管架、装卸臂和消防炮基础,更换快速脱缆钩、橡胶护舷等,改造过程中可能需要凿除局部面板,扩大结构基础或增设梁系。

墩式结构实现此类基础改造相对容易;若原结构为排架形式,改造限制条件多,对改造方案要求亦高,需综合考虑排架间距、梁系位置等。

2.3 对原结构复核

对于已建的水工构筑物,包括码头、引桥和直接掩护罐区的护岸,均需按现行规范进行复核、改造。1) 码头、引桥和护岸结构安全等级为一级,以“双百标准”复核;2) 码头、引桥和护岸抗震计算应按 OBE(操作基准地震)设计、SSE(安全停运地震)校核;3) 必要时,通过系泊试验确定横浪作用下的撞击力和确定改造后码头的系缆条件;4) 已建护岸挡浪墙顶高程采用“双百标准”复核,

必要时通过模拟试验确定;5) 严格控制布有管线的工作平台、引桥和补偿平台的结构水平位移。

3 案例分析

3.1 江苏如东 A 码头

江苏如东 A 码头工程将已有 10 万吨级石化泊位改造为 1 个 26.6 万 m³ LNG 泊位,改造关键因素为船型和工艺。主要改造内容:1) 泊位长度不满足船型要求,通过在原结构两端新建系缆墩的方式加长;2) 已建靠船墩护舷中心距不满足 12.5 万 m³ 及以上 LNG 船靠泊,需在原墩台两侧各增设 1 座靠船墩以满足 12.5 万~26.6 万 m³ LNG 船靠泊需求。3) 已建工作平台尺度较小,需在两侧扩建以满足船舶接卸设备布置和使用要求^[3]。如东 A 码头改造平面见图 1。

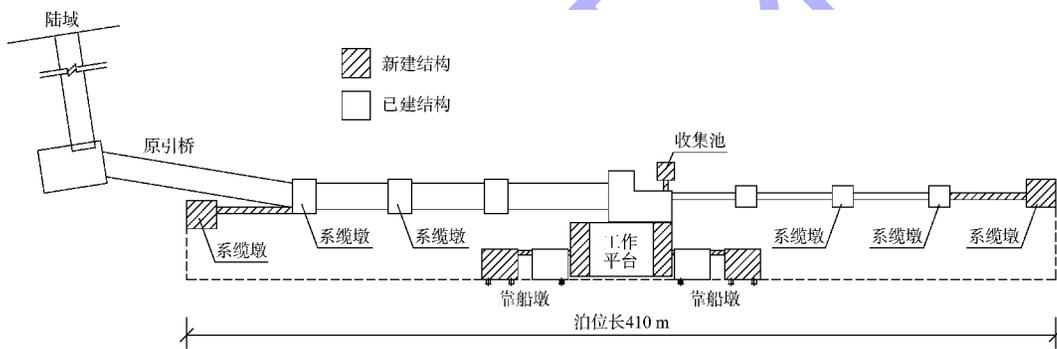


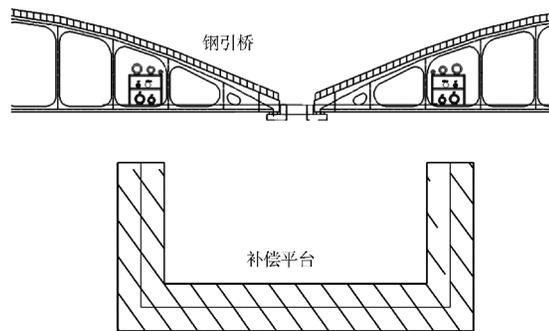
图 1 如东 A 码头改造平面

经检测,如东 A 码头钢引桥整体尚好、宽度合适、强度复核满足且不受波浪力作用,新建引桥造价高且施工时间长,在保证功能的前提下考虑充分

利旧,对原引桥进行结构修复和桥面局部改造,搭设“□”形钢补偿平台,施工便捷且经济实用。如东 A 码头钢引桥现状和新增钢补偿平台见图 2。



a) 引桥现状



b) 钢补偿平台

图 2 如东 A 码头钢引桥现状和新增钢补偿平台

3.2 广东潮州 B 码头

广东潮州 B 码头工程将原有 5 万吨级 LPG (液化石油气) 码头改造后兼顾 14.7 万 m³ LNG 船接卸功能, 改造关键因素为工艺、靠泊和系泊标准。主要改造内容: 1) 现状泊位长度足够, 但改造后因兼顾 LNG 和 LPG 装卸作业 (不同时靠泊), 既有工作平台尺度不满足使用要求且周边空间不足而无法扩建, 需在既有外侧靠船墩上部新建独立的 LNG 工作平台, 结构分离、互不影响; 2) LNG 工作平台与既有靠船墩位置的偏移导致原

靠船墩不满足靠泊间距要求, 受现有建构筑物布置限制, 需在工作平台两侧新建 4 个 LNG 靠船墩; 3) 现行规范对船舶允许运动量重新定义后, 原系缆墩系泊效果不佳, 需在后方新建 6 座系缆墩满足 LNG 和 LPG 系缆需求; 4) 因管道布置需求, 原 5 m 宽钢引桥不能满足 LNG 管架布置, 需新建引桥且在中部新增 2 座补偿平台^[4]。

结合引桥和补偿平台需求, 新系缆墩布置在原前沿线后方 30 m, 改造后泊位长度优化, 岸线位置有所调整。潮州 B 码头改造平面见图 3。

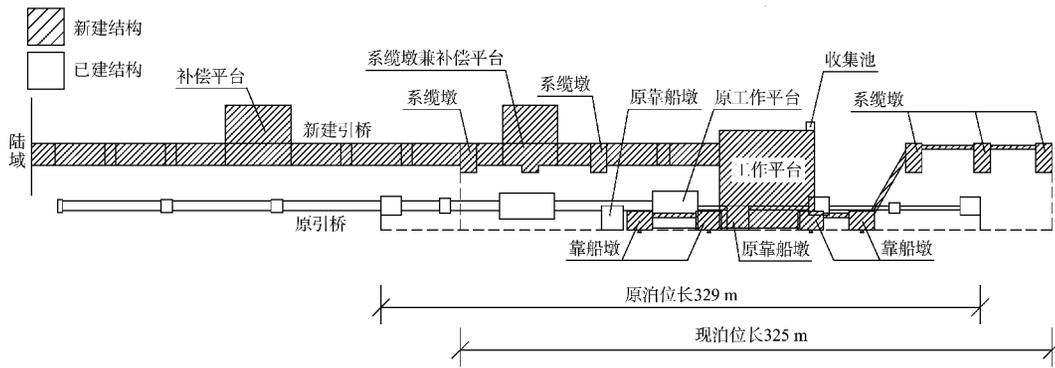


图 3 潮州 B 码头改造平面

3.3 浙江温州 C 码头

温州 C 码头工程将原 10 万 GT 石化泊位改造为 1 个 18.2 万 m³ LNG 泊位, 改造关键因素为工艺。C 码头原为化工泊位, 总体布置为蝶形, 由

1 个工作平台、4 个系缆墩和引桥组成。其中工作平台连片布置, 设有 3 个装卸区, 同时兼作靠船墩, 结构采用高桩梁板式结构^[5]。温州 C 码头现状平面见图 4。



图 4 温州 C 码头现状平面

原化工码头设计中已完成结构预留, 改造为 LNG 码头后, 因工艺需要进行如下改造: 1) 取

消两侧装卸区, 中间改造为 LNG 装卸区; 2) 工作平台中间区域局部加宽, 满足装置布置需要;

3) 为保证与陆域已建 16 万 m³ 储罐安全间距满足现行规范要求(≥150 m), 码头前沿线需向海侧外

推 6.5 m, 新建 153 m×6.5 m 平台与已建平台连成一体, 并兼靠泊功能。温州 C 码头改造平面见图 5。

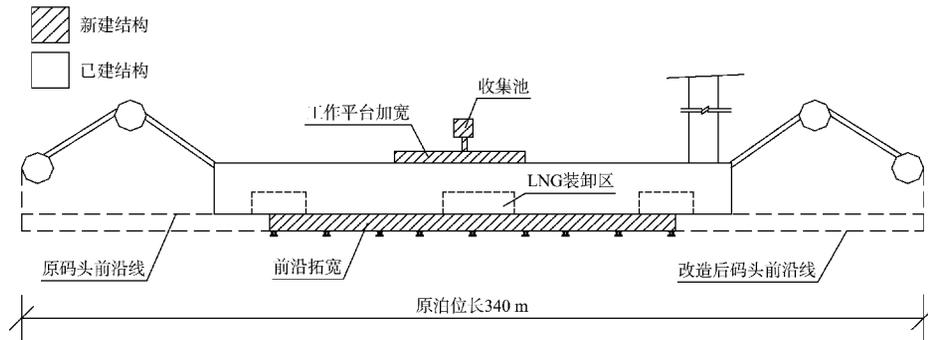


图 5 温州 C 码头改造平面

3.4 浙江宁波 D 码头

浙江宁波 D 码头工程将原 10 万吨级散货码头改造为 1 个 26.6 万 m³ LNG 泊位, 改造关键因素为工艺和系、靠泊。D 码头现状为高桩梁板结构连片码头, 主要改造内容为: 1) 将码头中间段后延并局部加宽以满足工作平台尺度要求, 同时,

为减小工作平台水平位移, 将相邻分段间伸缩缝改造为通缝, 保证相邻分段的船舶荷载不传递给工作平台; 2) 为保证改造船型系缆安全, 新建 4 个系缆墩于码头后方, 对称布置在平台两侧^[6]。宁波 D 码头改造平面见图 6。

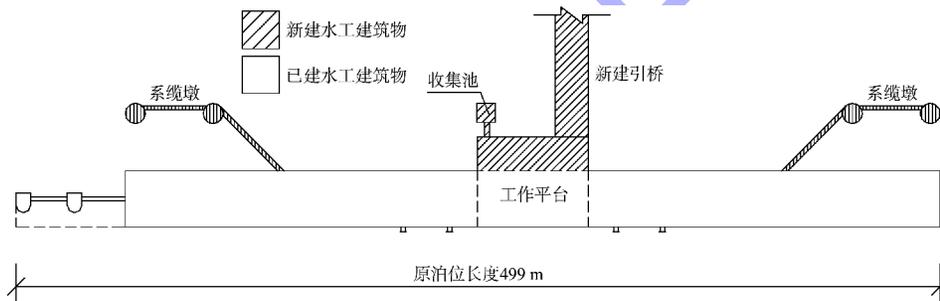


图 6 宁波 D 码头改造平面

综上, 依托其他货类码头改 LNG 码头工程实例, 对照前文提出的原则和关键因素, 提炼、归

纳出 15 条 LNG 码头在改造过程中的技术要点, 形成一套可推广的技术指标体系, 见表 1。

表 1 其他货类码头改 LNG 码头技术要点

码头	规划符合性	相邻泊位安全间距	检测评估	泊位长度	系靠泊设施	工作平台	集液池	补偿平台
如东 A 码头(石化→LNG)	符合	满足	完成	一字形, 不满足	新建+改造	扩建	新建	新建
潮州 B 码头(LPG→LPG 兼 LNG)	符合	满足	完成	一字形, 满足	新建	新建	新建	新建
温州 C 码头(石化→LNG)	符合	满足	完成	蝶形, 满足	改造	扩建	新建	离岸近, 不需要
宁波 D 码头(散货→LNG)	规划调整中	满足	完成	连片式, 满足	新建+改造	扩建	新建	离岸近, 不需要
码头	引桥尺度	其他配套	结构等级	结构水平位移	地震荷载	系泊条件	护岸	难度系数
如东 A 码头(石化→LNG)	满足	改造	满足	满足	满足	满足	满足	★★
潮州 B 码头(LPG→LPG 兼 LNG)	新建	改造	满足	满足	满足	-	满足	★★★★
温州 C 码头(石化→LNG)	满足	改造	满足	满足	满足	满足	满足	★★★
宁波 D 码头(散货→LNG)	新建	改造	满足	满足	满足	-	满足	★★

4 结语

1) 其他货类码头改造为LNG码头的前提是符合当地港口总体规划,或已启动规划修编工作;改造前需对原码头做全面检测,在整体性能良好的情况下进行改造。

2) 改造LNG码头的关键因素是设计标准、船型、系靠泊安全和工艺需求,对应15条改造技术要点,涉及泊位长度、系靠泊设施、集液池和补偿平台和原构筑物与设计标准的匹配等,由此形成一套改造技术体系,便于快速提出安全、合理、适用性强的设计方案。

3) 改造码头应充分利用已有的设施和依托条件,尽量利旧,最大限度降低对现有码头运营的影响,节省建设投资。

参考文献:

[1] 中交第四航务工程勘察设计院有限公司. 液化天然气码头设计规范: JTS 165-5—2021[S]. 北京: 人民交通出版社, 2021.

(上接第50页)

- [63] 刘欢, 商轶, 金欣欣, 等. 船舶排放清单研究方法及进展[J]. 环境科学学报, 2018, 38(1): 1-12.
- [64] 武伟佳, 李延文, 马晓凤, 等. 基于吞吐量的集装箱码头卡车污染扩散研究[J]. 交通信息与安全, 2018, 36(4): 113-119, 132.
- [65] 陈斌林, 贺心然, 展卫红, 等. 连云港港口海域污染物总量控制研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2006, 36(3): 447-450.
- [66] 郭凌志. 基于NB-IoT的水质监测系统设计与实现[D]. 淮南: 安徽理工大学, 2019.
- [67] 兰音波. 基于Zigbee无线传感器网络技术的水环境监测系统[D]. 南京: 南京邮电大学, 2015.

版社股份有限公司, 2021.

- [2] 交通运输部天津水运工程科学研究所, 中交四航工程研究院有限公司. 水运工程水工建筑物检测与评估技术规范: JTS 304—2019[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2019.
- [3] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 南通港通州湾港区洋口作业区华润燃气江苏如东液化天然气接收站项目配套码头工程可研[R]. 上海: 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2023.
- [4] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 华丰中天5万吨LPG码头升级改造工程施工图设计[R]. 上海: 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2020.
- [5] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 温州华港液化天然气(LNG)储运调峰中心项目施工图设计[R]. 上海: 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2020.
- [6] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 浙江LNG三期项目配套码头工程可研[R]. 上海: 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2023.

(本文编辑 王传瑜)

- [68] ROLL Y, HAYUTH Y. Port performance comparison applying data envelopment analysis (DEA) [J]. Maritime policy and Management, 1993, 20(2): 153-161.
- [69] YANG Y C. Determinants of container terminal operation from a green port perspective[J]. International journal of shipping and transport logistics, 2015, 7(3): 319-346.
- [70] HUANG X, WANG Y, DAI X, et al. Evaluation of port efficiency in Shanghai Port and Busan Port based on three-stage DEA model with environmental concerns[J]. Transport, 2019, 35(5): 1-8.
- [71] 彭传圣. 《绿色港口等级评价标准》编制[J]. 工程建设标准化, 2014(7): 29-33.

(本文编辑 王传瑜)