



# 巴基斯坦某浮式液化天然气(LNG)码头 控制系统的解决方案

方一能, 李瑞娟, 姚建新

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

**摘要:** 为系统研究巴基斯坦某浮式 LNG 码头工程的控制系统设计方法, 针对浮式 LNG 码头特殊的系泊、靠泊和作业要求, 绘出适合浮式 LNG 码头的控制系统框架; 详细阐述船岸连接系统、消防控制系统、靠泊及辅助控制系统等各子系统之间的相互关系以及各控制子系统的配置; 根据巴基斯坦某浮式 LNG 码头平面布置条件, 通过研究各国规范相关规定, 并结合现行国内控制系统设计标准, 总结出一套区别于常规 LNG 码头控制系统的设计思路和解决方案。结果表明, 浮式 LNG 码头在常规 LNG 码头搭建控制系统框架的基础上, 在数据传输通道、线缆合理布局以及主控对象选择等方面, 有进一步优化提升的空间。

**关键词:** LNG 码头; 浮式 LNG 储存再气化装置; 急停按钮; 船岸连接; 辅助控制系统

**中图分类号:** U 656.1<sup>+</sup>39

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-4972(2021)03-0074-04

## Solution to control system of floating LNG terminal in Pakistan

FANG Yi-neng, LI Rui-juan, YAO Jian-xin

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

**Abstract:** In order to systematically study the design method of the control system of a floating LNG terminal project in Pakistan, we focus on the special requirements of mooring, berthing, and operation for floating LNG terminals, draw the suitable control system framework, and introduce the relationship and configuration of subsystems including ship-shore linkage system, fire control system and auxiliary berthing system. Based on the layout condition of a floating LNG terminal in Pakistan, we study the relevant provisions of national standards and combine them with the current domestic control system design standard, and summarize an idea and solution for a control system different from normal LNG terminals. The results show that compared with control system establishment for normal LNG terminal, there are further optimizations space in data transmission, reasonable cable arrangement, and control object selection for floating LNG terminal.

**Keywords:** LNG terminal; floating storage and re-gasification unit (FSRU); emergency shutdown device (ESD); ship-shore link system; auxiliary control system

液化天然气 (liquefied natural gas, LNG) 接收站是储存液化天然气并外输天然气及液化天然气的装置, 包括 LNG 码头、陆域储罐区以及装卸工艺设备。LNG 接收站装卸过程是气体泄漏多发、容易发生危险的过程<sup>[1]</sup>。因此设计一套连接浮式

LNG 储存再气化装置 (floating storage and re-gasification unit, FSRU)、LNG 船舶、码头、罐区之间的控制系统显得尤为重要。系统运行后, 罐区中控室能够实时监控各区域的管道压力、温度等数据是否正常, 同时位于码头装卸区设置的气体检

收稿日期: 2020-06-22

作者简介: 方一能 (1988—), 女, 工程师, 从事港口电气设计。

测控制系统能够实现早期、更有效地预防天然气泄漏。

巴基斯坦某浮式 LNG 码头会长久地靠泊一艘 FSRU, 该装置即可将 LNG 储存起来, 也可不经陆域 LNG 储罐和气化装置将 LNG 进行再气化后外输。基于巴基斯坦某浮式 LNG 码头陆域区域不再设置储罐和气化装置, 码头区域如何设置控制系统, 持续稳定地与 FSRU 保持数据交互将直接影响到整个项目后期运营的安全性、可靠性、便利性。基于 LNG-FSRU 双船并靠码头平面布置特点, 船岸双方都配置消防控制系统, 码头方侧重装卸区接卸环节并兼顾 LNG 船舶消防安全; FSRU 更侧重船体本身, 两者之间相对独立, 借助船岸连接系统实现危险情况的联动操作。

本文结合巴基斯坦某浮式 LNG 码头工程, 对工程所涉及的控制系统进行阐述, 主要包括船岸连接系统、消防控制系统、过程控制系统和辅助控制系统。

## 1 船岸连接系统

LNG 的主要组成部分为甲烷, 由于 LNG 泄漏时的温度极低, 这种低温危险性会使设备脆性断裂并伤害操作人员, 遇到火源还有可能发生更为严重的火灾甚至爆炸。所以一旦出现泄漏的紧急情况, 必须保证船岸两侧的阀门同时且快速地关闭, 以免损毁接卸臂和降低 LNG 溢出的风险<sup>[2]</sup>。

设计一套船岸连接系统 (ship-shore link system, SSL) 能大幅降低发生事故后的连锁效应。当 LNG 船舶在码头作业时, 通过船岸连接系统, FSRU 控制室和码头控制室可以做到实时信息共享, 以及进行危险情况的联动操作。船岸连接系统分为无线传输共享和有线部分, 无线传输部分主要是通过高频电波或者无线基站将码头的控制监控信息传输到 FSRU 控制室, 让 FSRU 工作人员可以实时监控 LNG 船舶和 FSRU 在码头的作业情况, 以及码头的大气和海洋环境信息; 有线传输部分包含两个子系统: 电缆通讯子系统和光缆通讯子系统, 两者只是使用的通讯方式有差别, 其功能完全一样, 可以用作一主一备。有线系统通过码头和

FSRU 上的 SSL 控制柜建立连接, 无论码头还是 FSRU 方一旦触发了急停按钮 (emergency shutdown device, ESD) 信号, 对应方能立即获取 ESD 信号, 并触发对应的 ESD 信号处理流程, 防止严重事故的发生。

船岸连接系统主要包括控制柜、光纤通讯系统、电缆通讯系统、气动系统等部分, 一般每个子系统在码头前沿设置一个对应的线缆卷筒和脐带光纤或电缆、气动软管卷等。常规 LNG 码头的船岸连接系统经常采用 3 种连接方式: 光纤连接、电缆连接、气动连接<sup>[3]</sup>; 其中光纤连接、电缆连接应用较多, 并各自在码头上设置一个接线箱和相应的连接设备。

图 1 为巴基斯坦某浮式 LNG 码头船岸连接系统框图, 在码头侧设置 3 个接线箱, 采用光纤连接和电缆连接两种方式, 将数据上传至 FSRU。整个船岸连接系统中还包括系统机柜、光缆、脐带电缆、插头卷盘等主要设备。

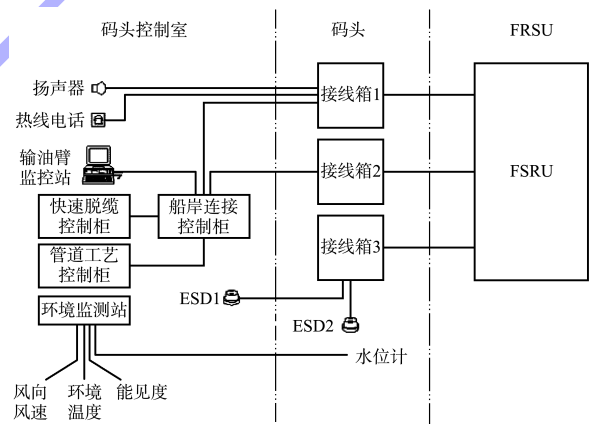


图 1 船岸连接系统框图

船岸交互信号见表 1, 表中的数据结合了码头需求、国际通用做法以及分析产品性能等综合因素, 最终得出的船岸交互信号和信号传输路径列表。可以看出: ESD 信号单独通过一路脐带电缆上传, 专路专送, 确保在紧急情况下船岸两侧的紧急切断按钮响应及时和安全可靠; 其他与 FSRU 约定好的信号通过另一路脐带电缆上传; 另外还有一些设备多元化数据的交互通过光纤上传。传输数据内容较常规 LNG 码头更为多样, 传输通道更多, 系统整体运行更稳定。

表1 船岸交互信号

信号上传途径	上传信号内容
接线盒1-脐带电缆	热线电话, 扬声器, TT10101 温度表, PT10101~10103 压力表, GT10101~10102 气体检测仪, FD10101~10102 火焰探测仪, BDV10101~10103 电动阀限位信号、启停指令信号
接线盒2-光纤	输油臂, 缆绳张力监测以及远程脱放系统
接线盒3-脐带电缆	ESD 信号

FSRU 在码头长久靠泊时, 主控制室设在船方, 因此会对码头提出一系列要求, 相较于传统 LNG 码头, 此次与 FSRU 约定的信号数据更丰富、类型更多样, 本工程按照传输数据的类型、重要程度等综合考虑, 将数据拆分为 3 组并通过 3 个接线箱上传至 FSRU: 1 根光纤和 2 根脐带电缆, 其中脐带电缆均为 37 芯 PLYE 型电缆, 确保在安装完成后留有不少于额定容量 25% 的余量。

在船岸连接过程中, 由于 FSRU 船靠岸并随波浪浮动, 根据码头前沿与 FSRU 之间的位置关系, 在船岸连接中间留有一定光纤及电缆长度的余量以保证不受潮汐、压载、卸货等操作影响, 同时也可防止货物对光缆或电缆的损坏, 也可通过转动卷盘手柄将多余的光缆或电缆收回至转盘上<sup>[4]</sup>。

## 2 消防控制系统

基于 LNG-FSRU 双船并靠码头平面布置特点, 依据美国消防协会 NFPA 的相关标准要求, 主要针对码头区域和消控楼火灾进行防护和保护, 防止码头区域和消控楼火灾蔓延波及 FSRU 情况的发生, 在码头前沿配备码头天然气设备冷却消防炮、FSRU 冷却消防炮、水幕、消火栓等消防受控设备, 在消控楼配置一套完整的火灾自动报警控制系统<sup>[5]</sup>。除此之外, 码头消防控制系统还包括多个子系统: 灭火系统、消防炮控制系统、可燃气体探测控制系统, 其中干粉灭火系统相对独立, 设置在码头接卸区内, 与码头消防控制室仅交互信息。

本工程码头消防控制系统框架图见图 2。在消防控制室内设置消防控制操作台, 其主要功能是

集消防炮控制、消防管道阀门控制以及消防泵直启等消防操作为一体, 同时持续稳定地与火灾自动报警控制系统、可燃气体探测系统保持数据交互。

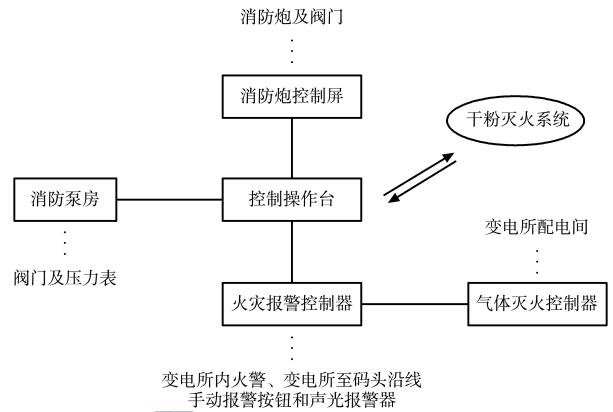


图2 码头消防控制系统框架图

消防炮控制系统采用技术成熟的可编程控制器为核心的程序控制系统, 满足对码头区域消防设备的集中联动控制需求。消防控制操作台可以实时采集、显示被控设备状态信号, 对各消防炮进行移动操作, 对消防炮塔、消防水幕等处的阀门进行开关操作; 另外消防控制操作台还能接收设置于码头接卸区内的手动报警按钮发来的报警信号, 并自动鸣响声光报警器。

## 3 过程控制系统

过程控制系统依托于传统的 LNG 码头-罐区联网模式, 结合国内控制系统设计标准, 在罐区配置控制中心, 在码头配置控制远程站。区别于 FSRU 控制室侧重船岸双方数据传输通道的通畅、稳定, 接卸过程的安全、可靠的特点, 过程控制系统旨在对码头-罐区整个储运工艺进行集中控制和管理。

码头过程控制系统采用与陆域罐区品牌型号一致的可编程控制器, 且双机热备冗余, 确保主、从控制器通讯长期畅通稳定, 配合罐区完成整条管道输送工艺过程的监视控制、操作预测、调度和管理等任务。FSRU 在码头长久靠泊时, 设置在船舶上的主控制室会对码头提出获取更多关于码头接卸数据的要求, 本工程通过船岸连接系统, 将输油臂、管道阀门及表显数据进行拆分, 按照

数据类型、重要程度等综合考虑,通过光纤连接和电缆连接两种方式将数据上传。

#### 4 辅助控制系统

接卸作业时,FSRU靠泊在码头侧,LNG船舶需要靠离FSRU,激光靠泊系统所需的激光传感器、控制机柜、监控计算机、大屏显示器等可以由FSRU方设计并安装在FSRU上。由于FSRU靠泊在码头侧后,不需要频繁靠离泊,因此本工程在码头上没有设置FSRU靠离泊所需的激光靠泊系统。

巴基斯坦某浮式LNG码头辅助控制系统仅包括海洋环境监测系统、缆绳张力监测系统和快速脱缆钩远程脱放系统。

##### 4.1 环境监测系统

环境监测系统通过各类传感器能够准确地把所测得数据传送至码头控制室,提供给引航员作为停靠船舶的参考数据,系统数据包括:风速、风向、气压、环境温度、降雨、能见度、潮汐、波浪和海流等。其中风速、风向、温度传感器设在码头变电所屋顶,水位传感器设在水工平台一侧的水平面以下。

##### 4.2 缆绳张力监测系统

由于停泊期间风、浪、流等环境因素以及接卸时的不平衡都会影响FSRU和LNG船舶的系缆力增大,为确保码头和船舶的安全,码头需要设置缆绳张力监测系统。其荷载传感器安装在码头靠船墩及系缆墩的系缆钩中,信号送至码头控制室内监控计算机,完成缆绳张力的连续监测,保证系泊缆绳、横缆和斜缆的受力均处于安全状态。

由于LNG靠泊时部分缆绳需要系泊在码头系缆钩上,因此缆绳张力监测系统通过船岸连接系统将状态数据实时提供给船岸两方的控制室,其具备提前对即将可能发生的缆绳过度受力发出预警功能,以便码头工作人员和船上工作人员有时间采取修正行动。

##### 4.3 快速脱缆钩远程脱放系统

快速脱缆钩远程脱放系统提供一种快速、简

便释放缆绳的方法,为方便船舶离泊时解缆,以及缆绳张力出现异常和码头或船舶发生紧急情况(如火灾等)时快速脱缆。基于LNG-FSRU双船并靠码头平面布置特点和往来接卸船舶的安全考虑,除了提供对FSRU的快速脱缆钩远程脱放外,对临时停靠接卸的LNG船首尾两侧各提供一组快速脱缆钩脱放系统,所有远程脱放信息可以通过船岸连接系统将状态数据上传至FSRU,实现FSRU对整个LNG码头全方位监控管理。

#### 5 存在的问题

1) 目前,SSL系统经过几十年的发展,从最初的仅具有应急切断的基本功能,到目前已能实现对语音通信和数据传输等多项集成,但在整合其他辅助系统数据传输方面仍然存在短板,例如船岸两方连接接口不统一、通讯端口协议不固定、难以真正实现LNG船舶在全球各个港口零差别接卸。

2) 数据传输方式依旧单一和薄弱,应该由常规的光纤连接和电缆连接向无线连接甚至5G网络连接趋势发展。

#### 6 结语

1) 船岸连接系统的传输通道由2个通道增至3个,较常规LNG码头与船方交互数据内容更丰富、数据通道更大、传输环境更稳定,为今后船岸两侧数据互通进一步开放提供条件。

2) 船岸连接系统的线缆路由合理布局,大幅缩短浮动部分线缆长度,使线缆的受力分布更加均匀,延长线缆的使用寿命,也有利于日后维护。

3) 针对LNG-FSRU双船并靠码头的布置特点,在FSRU控制室配置激光靠泊系统替代码头控制室位置,提高船舶靠泊精准度,降低激光对射误差率,缩短船舶停靠时间。

4) 消防设计立足于NFPA标准,对其规定不详之处参考了国内消防规范,其设计基本原则为:火灾防护范围主要是码头区域,并防止码头火灾对FSRU的影响。

(下转第87页)