

# 大型 LNG 接收站安全高效智能管理系统研究与开发

崔志鹏 庄 芳 李云龙 (中石油江苏液化天然气有限公司, 江苏 南通 226001)

**摘要:** 依托国家能源战略, 国内 LNG 产业蓬勃发展, 各大石油公司及地方能源公司大力建设 LNG 接收站。随着大数据、人工智能等新兴产业的发展, 如何将 LNG 接收站运行与新技术、新理念相结合使 LNG 接收站能够安全、高效、智能运行, 达到智能管控目的, 成为了一个越来越热点的领域。

**关键词:** LNG 产业; LNG 接收站; 智能管控

LNG 作为一种清洁能源, 在国家能源战略中发挥着越来越重要的作用, LNG 接收站是接收、储存 LNG 的终端设施, 同时也是 LNG 气化外输的源头设施。近几年, 国内建成投产、在建、规划建设 LNG 接收站越来越多, 结合大数据、智能化等新技术、新理念, 中石油江苏液化天然气有限公司组建专业项目组, 结合近 13 年安全生产运行经验, 研究开发了大型 LNG 接收站安全高效智能管理系统。

## 1 项目研发背景

### 1.1 生产需求

LNG 接收站作为国家能源供应的重要保障, 在天然气进口中占据越来越重要的地位, 但接收站的自动化运行管理水平尚未取的长足发展, 更多的仍然依靠员工自主读取生产数据进行库容和外输匹配, 从而进行生产排产。人工计算排产存在计算周期短、外部影响因素考虑不全等缺点, 相对运行风险较大<sup>[1]</sup>, 因此有必要针对 LNG 接收站的生产运行特点开发一套能够自动读取生产数据、自动进行库容和外输动态匹配的软件, 同时预留一定程度的对接收站排产有影响的外界输入条件, 以有效指导接收站的生产运行管理。

因此, 借助于不断发展的大数据、智能控制等技术, 实现 LNG 接收站“安、稳、长、满、优”运行的需求也越来越突出和明确。

### 1.2 国内外技术现状分析

关于智能化应用, 目前大致有两个方向, 一是建设信息智能化平台为生产经营管理提供决策, 二是提升生产工艺和设备的自动化水平, 提升生产的效率。

#### 1.2.1 国外技术现状

随着国际上环境保护意识的不断加强, 国内外 LNG 接收站发展更加迅速, 而且 LNG 接收站的生产运行自动化程度也不断提高, 与之相匹配的自动化运行管理水平也日渐成为主要的发展趋势, 以确保接收站的长期平稳高效运行。

#### 1.2.2 国内技术发展趋势

国内研究基本集中在数字孪生、大数据、云计算等方面, 数字孪生作为基于 CPS 的仿真应用技术框架, 越来越受到研究者的关注。因此可以预见到, 在智能制造政策推动不断加强, 并逐步深入到各个行业细分领域的大背景下, 下一步的研究热点必然将覆盖流程行业的空白领域。

LNG 接收站的生产工艺属于流程工业的类别。当前流程制造业在工业生产总值中占有将近一半的比重, 但目前的研究比较单薄, 输出结果也较少。

## 2 大型 LNG 接收站安全高效智能管理系统总体设计

智能化平台由码头作业、储罐库存、外输作业、设备管理四大模块分步搭建。

### 2.1 LNG 接收站功能简介

江苏 LNG 接收站的主要功能包括 LNG 的接卸储存、加压气化及管道外输、液态充装槽车转运和 BOG 的回收处理, 同时还对外供应冷能用于空气分离。为了实现上述功能, 接收站设计了 LNG 卸船、加压和液化外输、液态装车外输、BOG 回收处理等工艺流程。

#### 2.2 功能模块介绍

##### 2.2.1 接收站生产运行总览

在该模块中, 集中展示卸船计划中下船基本信息、储罐状态、设备完好率、接卸量、气化外输量、槽车装车等基本信息, 将 4 个模块的总体情况集中展示, 通过该页面, 可总体了解接收站基本生产运行、设备状态。

##### 2.2.2 码头作业模块

该模块包含卸船计划维护、卸船指令生成及码头不可作业分析与统计三部分内容。

##### 2.2.2.1 卸船计划维护模块

序号	计划日期	船名	舱位	卸船数量	卸船日期	卸船时间	卸船地点	卸船温度	卸船压力	卸船速度	卸船流量	卸船效率	卸船成功率	卸船备注
1	2023年9月1日	PRACHI	40	636	440:00:00	16:00:00	71071.409	100134773						查看详情 删除 新增
2	2023年9月1日	GRAND AN	49	636	451:1	14:00:00	64643.174	87442088						查看详情 删除 新增
3	2023年9月11日	CHRISTOP	50	637	437:02	15:00:00	65002.234	88084648						查看详情 删除 新增

图 1 卸船计划维护页面

表 1 码头不可作业天数条件

船舶舱容 V (m <sup>3</sup> )	作业阶段	风速 (m/s)	波高		波浪平均周期 T (s)	能见度 (m)	流速 (m/s)	
			横浪 H4%	顺浪 H4%			横流	顺流
V ≥ 80000	进出港航行	≤ 20	≤ 2.0	≤ 3.0	≤ 7	≥ 2000	< 1.5	≤ 2.5
	靠泊操作	≤ 15	≤ 1.2	≤ 1.5		≥ 1000	< 0.5	< 1.0
	装卸操作	≤ 15	≤ 1.2	≤ 1.5		-	< 1.0	< 2.0
	系泊	≤ 20	≤ 1.5	≤ 2.0		-	≤ 1.0	< 2.0

2023-07 可工作天数: 17

折线视图 日历视图

一	二	三	四	五	六	日
					01 风速(m/s): 12 能见度(m): 10 浪高(m): 3 不适合作业	02 风速(m/s): 12 能见度(m): 8 浪高(m): 3 不适合作业
03 风速(m/s): 13 能见度(m): 8 浪高(m): 3 不适合作业	04 风速(m/s): 13 能见度(m): 9 浪高(m): 3 不适合作业	05 风速(m/s): 13 能见度(m): 9 浪高(m): 3 不适合作业	06 风速(m/s): 12 能见度(m): 6 浪高(m): 3 不适合作业	07 风速(m/s): 10 能见度(m): 8 浪高(m): 1 不适合作业	08 风速(m/s): 10 能见度(m): 6 浪高(m): 1 适合作业	09 风速(m/s): 10 能见度(m): 7 浪高(m): 1 适合作业
10 风速(m/s): 10 能见度(m): 8 浪高(m): 1 适合作业	11 风速(m/s): 10 能见度(m): 8 浪高(m): 1 适合作业	12 风速(m/s): 7 能见度(m): 12 浪高(m): 1 适合作业	13 风速(m/s): 12 能见度(m): 10 浪高(m): 3 不适合作业	14 风速(m/s): 12 能见度(m): 8 浪高(m): 3 不适合作业	15 风速(m/s): 13 能见度(m): 8 浪高(m): 3 不适合作业	16 风速(m/s): 13 能见度(m): 9 浪高(m): 3 不适合作业

图 2 码头不可作业天数分析与统计

如图 1 所示, LNG 船舶抵港前, 船方代理会将该船信息包含船名、来源地、船型、载货重量、船舱货物密度、载货体积等信息提前发送给接收站海事相关人员, 在本模块中, 通过手动添加相关信息, 对卸船计划进行维护, 方便后续卸船指令单生成及卸船数据统计, 当最近一船接卸完成, 下一船相关信息将自动在总览页进行展示。

### 2.2.2.2 卸船指令单的生成

根据现有的库存数据, 维护人员将来船日期输入指令日期栏, 系统会自动调取卸船计划中该日来船相关信息, 依据系统预先设置的储罐进料及设备启动的原则, 自动生成并下达卸船指令单。

### 2.2.2.3 码头不可作业分析与统计

液化天然气船舶进出港航行、靠泊操作和装卸作业时的允许风速、波高、能见度和流速宜符合表 1 规定。

该模块中, LNG 船舶到港前, 维护人员需要手动输入部分数据, 具体为: 卸船相关风速、波高、能见度等气象部门预报的水文数据。系统根据码头靠泊不可作业条件判定方案得出是否可以卸料的结论, 并将可作业天数如图 2 所示进行统计与展示。

### 2.2.3 储罐库存模块

该模块中也包含三部分内容: 储罐基础数据、总库存量报警值、库存量模拟。

#### 2.2.3.1 储罐基础数据

江苏 LNG 接收站配置 3 座 16 × 104m<sup>3</sup> (T-1201/02/03)、3 座 20 × 104m<sup>3</sup> (T-1204/05/06) 全容式混凝土穹顶储罐 (FCCR) 储罐。

该模块中数据可自动更新, 所有数据采集由 DCS

系统在 OPC 服务器上配置 OPC Server 服务, 中间数据库系统在生产网实时服务器上部署 OPC Client 服务(数据采集程序), OPC Client 通过 OPC Server 获取到生产数据后, 将生产数据写入到实时数据库中。并按照给定格式, 在页面中对相关信息进行展示。

#### 2.2.3.2 总库存量报警值及库存量模拟

图 3 总库存量报警设置页面

系统中预先录入 LNG 接收站内所有储罐的液位高、低报警值及总库存高低报警值 (如图 3 所示), 根据现有的库存量, 结合进料及外输计划, 模拟之后任意天的库存总量, 并对库存报警提示。通过该模块, 可及时提醒运行人员及时调整生产计划, 避免因库存影响相应的生产和接船计划。

#### 2.2.4 外输作业模块

该模块包含两部分内容, 一部分工艺设备状态界面, 用以展示接收站内所有设备的运行状态、所接入供电线路状态及用电额定功率相关数据; 另一部分为外输指令生产界面, 可根据生产安排自动生产并下达外输指令。

##### 2.2.4.1 工艺设备状态

在该功能建设初期, 需预先值入现有供电线路 A、

