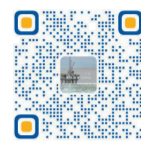


“气”势磅礴 超大型LNG储罐的“石化方案”



周“油”列国
油事精彩

接收进口LNG资源是中国石化天然气发展的重点之一。为保障国家能源安全,天然气分公司加快推进天然气管道、LNG接收站和储气库项目建设,形成了多元保障、安全高效的储运设施系统。

LNG储罐是LNG接收站的核心装置,也是投资最大的单体设施。近年来,天然气分公司联合工程建设公司、四建公司、十建公司等参建单位,先后完成了16万立方米、22万立方米和27万立方米LNG储罐的技术研究,在天津LNG、青岛LNG、龙口LNG等多个项目中进行了工程应用。今年底,7座LNG储罐将陆续投用,进一步提升区域调峰能力和市场保供能力。

项目介绍

青岛LNG接收站位于青岛市董家口经济区,是中国石化首座LNG接收站,也是山东省目前唯一投入运营的LNG接收终端,一、二期项目分别于2014年11月和2021年8月建成投产,当前年接转能力为700万吨,累计气外输天然气超430亿立方米,是我国华北地区主要气源地之一。

为进一步助力完善国家天然气产供储销体系建设,保障民生用气、优化能源结构,该站于2020年12月启动三期工程,在一、二期项目基础上,对码头泊位和接收站进行扩建,新增一座靠泊26.6万立方米LNG船舶的专用泊位、一座27万立方米LNG储罐及配套附属设施。

27万立方米LNG储罐是当前国内容积最大、国产化程度最高的LNG储罐,于2021年8月开工建设,目前已进入设备调试阶段。建成投用后,青岛LNG接收站年接卸能力将达到1100万吨、供气能力将提升至165亿立方米,正式迈入千万吨级LNG接收站行列,成为国内同期规模最大的LNG接收站之一。

□王卓然 申永亮 刘庆胜 赵广明 张跃第

近日,天然气分公司青岛LNG接收站矗立在黄海之滨的27万立方米LNG储罐机械完工,标志着由中国石化自主研发的国内最大容积LNG储罐基本建成。目前,该储罐已进入设备调试阶段,投用后,青岛LNG接收站年接卸能力将达到1100万吨,供气能力约165亿立方米,正式迈入千万吨级LNG接收站行列,成为国内同期年接转能力最大的

LNG接收站之一,对进一步优化华北地区能源结构、增强区域调峰保供能力、改善大气环境具有重要意义。

27万立方米LNG储罐外罐直径100.6米、罐体总高55米,具有尺寸大、工序多、难度高等特点。LNG储罐建设向超大型容积推进,需要更大更长的储罐构件,对建造技术提出了更高要求,要在设计、施工等方面开展大量基础性研究工作和技术实践优化改进。彼时,国内LNG行业尚无此类建设经验。

青岛LNG接收站联合项目团队经过多次研究实践,自主研发了27万立方米全容式LNG储罐成套技术,攻克了多项核心设备国产化应用难题,为国内超大型LNG储罐建设提供了“石化方案”。

设计

强化设计攻关,浅滩地形承载万吨“巨罐”

精品工程,设计先行。早在2019年,工程建设公司(SEI)便展开了对27万立方米LNG储罐的关键技术攻关。经过数年的细致研究和对比,设计团队实现了超大型LNG储罐罐体设计、抗震设计、大厚度低温钢板焊接、保冷结构优化等核心技术的全面突破。

相较传统的“瘦高型”设计,青岛LNG接收站27万立方米储罐采取了“矮胖型”设计方案,罐底板面积相当于一个标准足球场,不仅可以提升LNG船舶接卸速度、缩短施工周期,而且具有更好的抗震性和稳定性。同时,为确保储罐的基础和下层土壤不

因LNG的低温特性产生变形,罐底设置了基础伴热带,采用“落地罐”形式,让储罐稳稳坐在地上,用“坐得稳”代替了“站得高”。

“项目现场的原址遍布养殖区、浅滩,地质砂岩基岩交错,要将重量超万吨的储罐立住,就好比把高压锅放在豆腐上煮饭。”SEI项目经理赵广明介绍。为了解决土地承载力无法满足设计要求的难题,他们在外罐基础设计方面充分论证了多种LNG储罐基础设计类型,最终确定采用强度高、抗冻性强的毛石混凝土换填表层地质,并结合承载力强的筏板浅基础作为外罐基础选型,实现安全经济且工期最

短。27万立方米LNG储罐拥有世界上跨度最大的低温储罐穹顶,升至罐顶后,需要浇筑4500立方米混凝土,总重量超万吨。储罐扛起这顶重达万吨“钢斗笠”的关键,在于如何精确分析计算穹顶的整体稳定性。SEI通过建立复杂的有限元分析模型,投入大量精力研究理论规范、进行二次开发,集中解决了非线性结构、异型网格尺寸等难题,形成了具有自主知识产权的超大型穹顶稳定分析技术,从根本上攻克了穹顶稳定安全的技术难关,为储罐的本质安全奠定了坚实基础。

建设

优化施工工艺,打造超大型储罐建设“助推器”

为进一步提高作业效率、确保储罐在今年供暖季前投入使用,项目团队加强技术攻关,设计制造新的工艺设备,预计于8月完成项目建设任务,较总体统筹控制计划提前4个月,创下国内27万立方米LNG储罐建设速度最快纪录。

“储罐穹顶就像一个锅盖,在气压的作用下缓缓升起,升顶后与提前预制好的承压环焊接在一起。”十建公司项目经理张跃第介绍。穹顶“气顶升”作业是储罐建造难度最大、工艺最复杂、风险最高的一道工序。为确保顶升作业顺利完成,项目团队利用动力、平衡、密封、测量与监测四大系统,采用“无线测量+数字化风机调节系统”的智能化手段,精准控制穹顶顶升时的气压、精度、速度等关键参数,全面保障气压顶升作业时的安

全稳定。“储罐穹顶仅用107分钟就顺利升顶,整个过程中,最大偏差控制在60毫米以内,大大小于200毫米的最大允许值。这一关键节点比计划提前了13天,标志着储罐穹顶施工进入一个新的水平。”张跃第说。

同时,为优化材料使用配置、提升人机协同施工效率,十建公司通过改进底板分区、优化穹顶分片、应用装配式铝吊顶等创新方式,在保证安全质量受控的前提下,从技术源头想方设法缩短建设工期。建设团队还采用模块化施工模式,在多个区域预制构件,分8部分完成了重达220吨的钢结构吊装作业,大幅减少了特殊作业频次,使现场作业风险得到了有效控制。



施工人员对LNG储罐配套管架进行焊接作业。李威摄

管理

应用信息技术,为施工管理注入智慧动力

围绕实时、安全、人员、增效四大主题,青岛LNG接收站以智能应用为主线,首创智慧工地安全管控体系,将先进信息技术与项目建设结合起来,为施工全过程管理注入智慧力量。

一走进27万立方米LNG储罐项目现场,入场人员信息就会同步出现在施工现场大屏,项目部智能运营平台及管理人员手机上。通过“闸机+人脸识别测温”一体化无感考勤,管理人员能随时掌握现场人员和车辆总数、分布,以及工作情况,实时监督施工进度。

针对施工现场不安全行为发现不及时、定位难等问题,项目团队在现场人员安全帽里安装了集成定位

芯片,实现了作业位置实时监控、历史轨迹回放、电子围栏超界预警,可精准了解施工现场人员分布,及时纠正违规违章作业。

在安全风险较高的区域,青岛LNG接收站将AI(人工智能)识别算法集成至视频监控系统中,形成了“AI视频智慧眼”系统。该系统可对施工现场监控画面进行实时分析,当检测到现场人员存在不安全行为时,会将现场视频截图留存并语音播报预警。同时,安全管理人员可通过智能检测AI终端、电脑、手机调取预警数据,第一时间发现违章行为并进行整治,推动项目建设实现本质安全。

“正是这些智能技术的应用,使各专业人员可以对建设过程进行全方位、无感知监督,推动施工作业风险管理从事后管理向事前、事中管理转变,有助于进一步实现管住现场、管住承包商、管住‘三违’的目标,有力提升项目管理水平。”天然气分公司青岛LNG接收站工程物装部经理刘庆胜说。

同时,青岛LNG接收站还开发投用了环境监测与自然灾害防治系统,可对施工区域可燃气体、温度、粉尘、天气情况进行全天候监测,既能及时发现和预警环境污染问题,又能更好地保证施工的安全性和合规性。

应用

敢于先行先试,推进储罐建造关键设备国产化



项目团队在罐顶进行管道设备安装质量检查。张渊博摄

作为中国石化首座LNG接收站,在2014年建站初期,青岛LNG接收站缺少设备检修经验和国产化设备供应商,关键设备需要依靠进口,价格昂贵,且售后维修时间长、费用高。在9年发展过程中,该站立足系统内科技创新平台,瞄准LNG产业链条关键点,组织研究攻关,实现了多项自主创新技术的成功实践,不仅关键设备、材料、阀门均实现了国产化应用,而且顺利攻克了20余项关键物资备件生产制造核心技术。

在27万立方米储罐建设期间,青岛LNG接收站项目团队深入推进标准化采购和装备国产化,历时半年研制出国内首台LNG挺杆起重机,顺利解决了减速机、电机等关键零部件国产化问题。同时,针对国产化立项和开单,项目团队充分研讨优化,优化设备外协件质量监督管理,使国产化采购成本大幅降低,较进口产品节约30%以上,在关键技术和经

济指标上充分体现了国产化的优势,高效推动了中石化LNG接收站设备及备品配件的国产化进程。

罐顶安全阀是LNG储罐上重要的安全附件,主要根据压力系统的工作压力自动启闭,以保护系统安全运行。当前,国内LNG储罐罐顶安全阀仍主要从国外厂家进口,存在价格高昂、供货周期长、维护不便等问题。为此,青岛LNG接收站项目团队积极开展40寸大口径罐顶安全阀国产化工作,已完成了导阀动态响应技术、低温阀盘密封技术、主阀膜片成型技术等攻关工作,成功进行了测试实验,并实现了现场安装。

目前,青岛LNG接收站正依托27万立方米LNG储罐建设项目,稳步推进设备国产化进程,先后攻克了大口径低温阀门、罐内泵、挺杆起重机等核心设备的国产化应用,大幅降低了采购成本,将储罐国产化水平提升至95%以上。

新闻会客厅

为什么要建设大型LNG储罐?

青岛液化公司工程物装部副主任 于金伟:随着LNG储罐设计规范不断更新、材料技术和施工技术不断发展、建造技术不断突破,大型LNG储罐是未来重要的发展趋势。近几年的应用实践也表明,大型LNG储罐的单位罐容成本呈现下降趋势,规模效应明显。同时,罐容的增加也可更高效地提高土地利用效率(单位罐容占地面积减少),以及更大程度降低储罐蒸发率。此外,LNG运输船容积的增大、数量的增加及LNG接收站数量的增加,均需要与之配套的更大容积的LNG储罐。

目前,国内最大容积27万立方米LNG全容式储罐已在天然气分公司青岛LNG接收站建成。后续,该储罐重点设备设施将逐渐全部实现国产化,无论是低温钢筋、低温钢板、预应力钢绞线等重要材料,还是低温阀门、罐顶起重机、罐内泵等重要设备,国内均可完成自主设计、自主生产,储罐建设成本将会进一步降低。同时,随着标准化设计、模块化施工、智能化应用越来越成熟,未来大型LNG储罐建设的工期也将大幅缩短。

中国石化在LNG储罐建设方面形成了哪些技术成果?

工程建设公司项目经理 赵广明:工程建设公司自2010年开始投入大型低温储罐的设计建造研发,历经13年的不懈努力,共建造了10万~27万立方米大型低温罐36台、10万立方米以下低温罐13台。其中,位于青岛LNG接收站的27万立方米LNG储罐是目前世界上容积最大的预应力混凝土全容罐。

27万立方米LNG储罐的建设没有先例可参照,相比常规的16万立方米储罐,其地震力增大一倍,从外罐到内罐都不是已有罐型的简单放大,科学合理的抗震体系设计是重点和难点。SEI在外罐底板、外罐壁、穹顶均采用变截面设计,开发了全新的6块壁柱多线束预应力体系及轻量化装配式铝合金吊顶,对罐保冷体系进行了优化设计;采用SEI特有的LNG储罐内罐抗震设计技术分析软件,最大限度减少了液面地震净空高度,减小了内罐壁和内罐钢板厚度。正是这一系列创新设计,保证了27万立方米LNG罐的本质安全性、建造和运行综合成本的经济合理性。

十建公司项目部总工程师 孙军:在国内首台27万立方米LNG储罐施工过程中,我们以“实干、专注、开拓、奉献”的精神,主编LNG行业施工规范两项、参编1项,获得省部级工法4项,申请LNG储罐实用新型发明专利22项。此外,LNG储罐用国产9%Ni钢研制及工程技术应用获集团公司科技进步二等奖,全容式LNG储罐干燥置换工程施工新技术获集团公司优秀论文二等奖。我们始终秉持精益求精,加大技术创新力度,优化施工组织,通过改进底板施工分区、热角保护模块化施工等11项施工组织优化,以及LNG储罐外罐壁冬季施工、穹顶分片优化、穹顶顶升无线测量等12项施工技术革新,从技术源头优化建设工期,推动项目早投产、早收益。