

中小型液化天然气站冷能回收装置的设计及应用

□ 上海源天化工气体有限公司 (201801) 姚钰锋 吴竺 张冬霞

摘 要: 本文介绍了一种适用于中小型单点直供式的液化天然气站冷能回收装置的设计及应用实例, 利用该装置可以替代空温、水浴等传统形式的气化器, 装置回收的冷能可以供给厂区工艺冷冻水或厂房、办公楼制冷等用。装置采用板壳式换热器两级换热, 液化天然气的冷能由载冷剂带走, 载冷剂再与冷冻水换热将冷能传递给冷冻水, 过程中载冷剂通过蒸发和冷凝过程形成无动力的自主循环。该装置目前已在多个项目中得到应用, 节能效果显著。

关键词: 液化天然气 冷能回收 两级换热 自主循环 设计及应用

Design and Application of Small and Medium Sized Liquefied Natural Gas Station Cold Energy Recovery Device

Yao Yufeng, Wu Zhu, Zhang Dongxia

Abstract: This paper introduces the design and application of small and medium sized liquefied natural gas station cold energy recovery equipment, this equipment can replace the traditional vaporizers, such as air vaporizer and water bath vaporizer. The cold energy recovered by this equipment can be used to cooling the factory cold water or supply cold energy to factory and its office building. This equipment adopts plate shell heat exchanger and two-stage heat exchange, the cold energy of liquefied natural gas taken by refrigerant, then refrigerant transfer the cold energy to the cold water, in this process the refrigerant is running spontaneous circulation by its vaporization and condensation with no additional energy input. Currently, this equipment is been used in many projects, energy saving effects are obvious.

Keywords: liquefied natural gas station cold energy recovery two-stage heat exchange spontaneous circulation design and application

1 概述

液化天然气(以下简称LNG)是将天然气经脱水、脱酸、去除重烃后降温液化而成的低温液体(常

压下饱和温度约为 -162°C), 主要成分为甲烷, 在使用时要经过气化装置吸热重新转化为常温气体供终端用气装置使用。近几年, 随着我国大气污染防治计划以及各地煤改气政策的大力实施, 尤其是LNG与管道

天然气相比在终端用户侧具有更高的性价比,单点直供式的LNG在我国工业领域得到了广泛的应用。中小型LNG站作为单点直供式LNG的储存、气化、调压、加臭以及计量的综合性能源站,其通常采用空温式气化器或水浴式气化器等装置将低温LNG气化为常温天然气,冷量由环境空气或高温热源(热水或循环水)带走,浪费了大量的冷量,且水浴式气化器还需要额外消耗一定的热能维持热水温度。针对该类中小型单点直供式的LNG站,设计了一套结构紧凑、换热高效的冷能回收装置,回收的冷能可用于厂区工艺冷冻水、厂房或办公楼制冷等,最终实现高效回收冷能、节约能源的目的。

2 冷能分析

各产地LNG组分不尽相同,因此其单位质量可回收的冷量也不同,表1基于LKP方程计算了LNG中常见的几种组成其单位质量可回收的理论冷量。

表1 LNG几种常见组分单位质量可回收的理论冷量(MJ/t)

甲烷	乙烷	丙烷	异丁烷	正丁烷	氮气	氧气	二氧化碳
858.64	629.04	492.60	383.17	389.57	407.04	381.92	462.22

注:理论冷量均指各组成在101 325Pa下的从各自泡点温度气化至0℃时计算的理论冷量。

其中,需要说明的是,由于在相同压力下,氮气和氧气的泡点温度要比甲烷低,若考虑LNG储罐中底层LNG存在过冷现象,则氮气和氧气有可能为液态储存于储罐底部,否则均为气态,即全部蒸发至储罐气相部分。在冷能回收计算时为保证计算的准确性,氮气和氧气均不计算在内。

在具体计算LNG可回收的冷量时还需考虑LNG组分中泡点温度高于甲烷的乙烷、丙烷、异丁烷、正丁烷、异戊烷、正戊烷和二氧化碳从对应压力下甲烷的泡点温度至各组分泡点温度温升的冷量。表2同样基于LKP方程计算了上述各组成在压力101 325Pa下从该压力下甲烷的泡点温度(-161.65℃)至0℃时单位质量可回收的理论冷量。

表2 101 325Pa下各组分从-161.65℃至0℃时单位质量可回收的理论冷量(MJ/t)

甲烷	乙烷	丙烷	异丁烷	正丁烷	氮气	氧气	二氧化碳
858.64	806.32	737.96	661.08	702.39	—	—	596.67

3 装置设计

LNG的冷能利用方式可分为直接利用和间接利用。直接利用方式包括发电、空分、冷库制冷、制干冰等;间接利用方式包括低温医疗、低温粉碎、食品保存等。本装置属于冷能直接利用的方式,将回收的冷能主要用于厂区循环冷却水或冷冻水以及厂房空气调节或办公楼制冷等。本装置主要由蒸发器、满液式换热器、冷凝器以及相应的阀门、仪表等元件组成,工艺流程如图1所示。

本装置设计时为减小对数换热温差,避免冷冻水或冷却水直接与LNG换热时出现结冰冻裂换热器和管道,采用了两级换热,通过载冷剂“中间过渡”,将LNG释放的低温冷能传递给冷冻水或冷却水等常温介质。装置中的蒸发器和冷凝器采用板壳式换热器,与传统的管壳式换热器相比,其换热系数更高,体积更小。该装置在设计时主要有两方面的难点需要考虑:一是LNG-载冷剂换热器与满液式换热器的高度差以及载冷剂-冷冻水与满液式换热器的高度差,这是装置形成自主循环的关键;二是装置的控制策略,必须严格控制在事故工况时各关键点压力和温度参数不超过设计高限,否则可能会影响LNG站的安全运行。

该装置具有如下主要特点:

(1) 以载冷剂的蒸发和冷凝形成的密度差为装置驱动力,实现“无动力”运行,相当于冷量“免费”输出,可为企业节省大量的运行成本,尤其是常年稳定需要冷冻水或循环水的工业企业。

(2) 采用高效的板壳式换热器,在其中集成了蒸发段与过热段,与管壳式换热器相比具有造价低、体积小、重量轻等诸多优点。

(3) 各元件防爆等级符合LNG场站设计要求,并且具有完善的运行和安全保护连锁控制,装置无须日常运行人员维护。

