

LNG 液化工厂冷剂系统余能利用研究

刘 晓 (华新燃气集团有限公司, 山西 太原 030006)

摘要: LNG 液化工厂冷剂系统的合理选择对液化效率和成本至关重要。通过增加丙烷预冷机组, 将液化工艺改为带丙烷预冷的混合冷剂制冷工艺, 实现将液化工厂的冷剂系统功效最大化, 在提高 LNG 产量的同时, 大大减少大气中甲烷含量, 节省燃煤消耗和 CO₂ 排放, 助力国家“碳达峰、碳中和”政策的实施。

关键词: 液化天然气; 冷剂系统; 碳达峰; 碳中和

1 引言

随着世界能源结构的调整, 由于天然气燃烧后的清洁性等原因, 全球对于天然气的消费日益迫切^[1,2]。但是, 从天然气产区与消费地分布来看, 目前存在着严重的能源分布不均问题, 而天然气管道运输也无法满足所有区域的能源供应。因此, 为了有效解决能源的区域供应问题, 液化天然气技术的发展势在必行。

在传统的液化工艺中, 来自管网的原料天然气经过过滤、调压计量、往复式活塞压缩机增压、脱酸、脱水、脱汞及重烃后进入冷箱逐步冷却至 -162.9℃, 最后进入储罐中储存, 通过装车站给槽车加液^[3,4]。天然气在冷箱中液化所需要的冷量来自离心式冷剂压缩机压缩后的混合冷剂, 经制冷剂压缩机增压后达到设定的出口压力。但是, 在实际生产过程中, 往往冷剂压缩机二级出口压力达不到设计压力, 还有很多富余生产能力^[5]。因此, 如何将富余的能量加以利用, 对于企业和社会来说具有显著的经济效益。本文从设备改造的角度, 通过优化设备组成等方面, 对 LNG 液化工厂冷剂系统进行了改造, 进而满足最大程度地对冷剂系统余能进行利用。

2 现有的 LNG 液化工厂冷剂系统工艺改造方案

2.1 工艺方案确定

本扩建项目液化部分增加一台丙烷预冷机组, 将液化工艺改为带丙烷预冷的混合冷剂制冷工艺。保证装置可以满足每天 70 万方的液化产量。

2.2 扩建项目总工艺流程

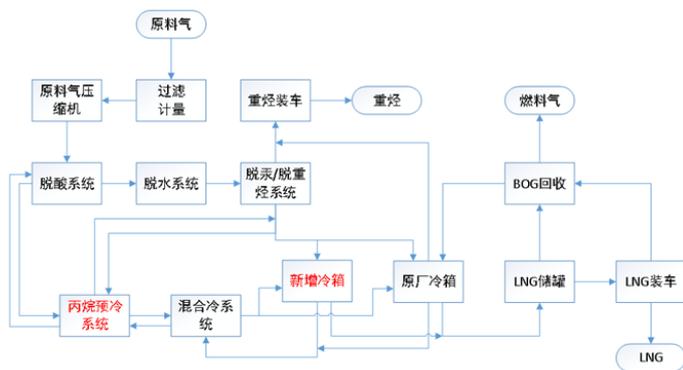


图 1 扩建后液化工厂工艺流程方框图

原厂经扩建改造后采用丙烷预冷的混合冷剂制冷工

艺将煤层气液化, 处理规模为由 $50 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 增加到 $70 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。

来自界区外的原料气经过原厂计量、净化装置脱除杂质后分为两路, 一路进入原厂液化装置, 液化后存储于原厂 LCPM 储罐中; 另外一路送入新增液化系统, 原料气在新增冷箱中被冷却至 -60℃ 后, 进入原厂重烃分离器, 在重烃分离器脱除重烃后的原料气返回新增冷箱继续冷却至 -162.9℃, 节流至 0.01MPa 后进入原厂 LNG 储罐中储存。扩建后全厂工艺流程框图如图 1 所示。

2.3 装置的工艺流程

2.3.1 原料气净化

本装置在原有每天 50 万方天然气液化装置的基础上, 扩产至每天 70 万方的液化产量。其中, 净化部分仅需要改造增加一台吸收塔顶预冷器, 将从吸收塔顶出来的天然气经过水冷后再经过丙烷冷却, 使天然气温度降低, 从而使天然气中的饱和水含量降低, 因此可以降低后续脱水塔的负荷, 保证装置的净化工区可以满足每天 70 万方的液化产量。

2.3.2 净化气液化

经过净化的天然气分为两路, 一路进入原厂冷箱与混合冷剂进行换热, 另外一路进入新增冷箱与混合冷剂进行换热。新增冷箱内部换热器为板式换热器。冷箱中填充珠光砂以保冷, 换热器垂直安装, 气体从顶部进入, 在流向底部的过程中冷却。低温液体只有在冷剂换热器的底部才会出现, 如果遇到暂时停产, 液体由于重力作用流到冷箱底部, 不会流入制冷工艺设计的非低温区域。

2.3.3 丙烷预冷循环

丙烷经丙烷预冷压缩机加压、冷却后, 经过节流阀降温, 分别进入吸收塔顶预冷器、混合冷剂压缩机级间预冷器、混合冷剂压缩机末级预冷器, 与天然气或者混合冷气换热, 然后再返回丙烷预冷压缩机入口, 完成丙烷冷剂的一个完整循环。

2.3.4 混合冷剂循环及压缩

混合冷剂压缩系统由压缩机、制冷剂冷却器、制冷剂分离罐、制冷剂缓冲罐等设备组成。来自冷箱换热器的低压制冷剂进入制冷剂分离罐, 分离可能挟带的液滴和固体颗粒, 进入制冷剂压缩机的制冷剂, 经制冷剂压

缩机增压至 3.4MPa。

3 LNG 液化工厂冷剂系统改造效果

如表 1 所示为 LNG 液化工厂冷剂系统改造后的各项主要经济指标。

表 1 主要技术经济指标

序号	指标名称	单位	数值	备注
1	新增原料气处理规模	$\times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$	20	0°C , $0.101325\text{MPa} \cdot \text{A}$
2	产品 (LNG)	$\times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$	19	0°C , $0.101325\text{MPa} \cdot \text{A}$
3	年操作时间	h	8000	
4	公用动力消耗			
4.1	供水			
	年用水量	$\times 10^4 \text{m}^3$	14.52	
	平均用水量	m^3/d	397.81	按每年 365 日平均
4.2	供电			
	年耗电量	$\times 10^4 \text{kWh}$	1342.5	
5	运输量			
	天然气运入量	$\times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$	0.666	
	LNG 运出量	$\times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$	0.6327	
6	全厂定员	人	124	原厂定员 124, 本扩建项目未增加定员
7	厂区占地面积	亩	198.08	扩建后全厂数值
	LNG 项目用地面积	亩	163.29	扩建后全厂数值
	全厂建筑面积	m^2	18951	扩建后全厂数值
8	单位产品综合能耗	$\text{kWh}/\text{m}^3\text{LNG}$	0.5923	扩建后全厂能耗
9	项目总投资	万元	3358.24	
9.1	建设投资	万元	3093.10	
9.2	建设期利息	万元	53.05	
9.3	流动资金	万元	212.10	
10	年均销售收入	万元	39100.08	生产期平均
11	年均总成本	万元	36866.30	生产期平均

12	年均利润总额	万元	2119.22	生产期平均
13	财务评价指标			
	所得税前财务内部收益率	%	79.78	
	所得税后财务内部收益率	%	65.89	
	所得税前财务净现值 (ic=8%)	万元	16188.44	
	所得税后财务净现值 (ic=8%)	万元	12359.14	
	税前投资回收期	年	2.27	
	税后投资回收期	年	2.53	
14	资本金			
	财务内部收益率	%	109.83	
	财务净现值 (ic=10%)	万元	10467.59	
15	借款偿还期	年	8.88	
16	盈亏平衡点	%	8.09	

4 结论

通过本扩建项目改造后,天然气的日处理规模可以增加 $20 \times 10^4 \text{m}^3$,生产规模可以由 $50 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 增加至 $70 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$,预计每年增加天然气处理量 $6660 \times 10^4 \text{m}^3$ (每年按照 333 天计算),合计增加 LNG 产量 48743.21t。提高产量后,天然气在液化加工过程中只是增加了小部分电量消耗和物料消耗,大大减少大气中甲烷的含量,而且可以节省 600t 煤,少排放 61.2t CO_2 和 10t 煤烟尘。

参考文献:

- [1] 沈晓谋,马维新.关于混合制冷剂循环液化天然气工艺的研究[J].现代制造技术与装备,2019(10):183-184.
- [2] 高旭,姚培芬,陈雨辞.双循环混合制冷剂天然气液化流程的模拟与优化[D].西安:西安石油大学,2019.
- [3] 肖荣鸽,高旭,靳文博.双循环混合制冷剂天然气液化流程的优化模拟[J].化学工程,2019,47(03):62-67,73.
- [4] 黄立凤,夏星星,常玉春.关于混合制冷剂循环液化天然气流程的优化探析[J].当代化工研究,2018,9:157-158.
- [5] 郭琦,赵小平,贺炳成.混合制冷剂循环液化工艺能耗优化研究[J].能源化工,2019,40(06):63-69.

作者简介:

刘晓(1985-),男,汉族,山西朔州人,硕士,华新燃气集团有限公司,工程师,现主要从事燃气项目管理工作。