

天然气净化厂降本增效实践与探索

瞿 杨 夏 林 李婷婷 雷 婧 李长治

中国石油西南油气田公司天然气净化总厂, 重庆 400021

摘 要:随着川东地区天然气开采进入中后期,某天然气净化厂川东地区原料气处理量呈逐年下降趋势,存在部分工艺参数偏离设计值,能源消耗和化工原材料消耗相对较高,装置长期处于低负荷运行状态,生产成本增加,以及产品气质量有待升级和尾气排放达标治理等问题,在推进智能净化厂建设存在诸多挑战。为了解决以上问题,通过对某天然气净化厂的生产运营情况进行分析,从优化脱硫装置工艺流程、实施技术改造、调整现场操作及相关参数、总结生产经营管理经验等方面,提出修旧利旧、天然气余压发电、电站无人值守推行智能净化厂建设等措施,助推天然气净化厂实现降本增效。研究成果可为类似天然气净化厂降本增效提供推广应用经验。

关键词:天然气;低负荷;优化措施;降本增效

DOI:10.3969/j.issn.1006-5539.2022.02.009

Practice and exploration on cost reduction and efficiency improvement in natural gas purification plant

QU Yang, XIA Lin, LI Tingting, LEI Jing, LI Changzhi

PetroChina Southwest Oil & Gasfield Company Natural Gas Purification Plant, Chongqing, 400021, China

Abstract: As the natural gas exploitation of Southwest Oil and Gas Field in eastern Sichuan enters the middle and late stage, the required raw feed gas treatment capacity of one natural gas purification plant, as a key link in the natural gas treatment process, shows a downward trend year by year. There are some problems such as deviation of some process parameters from the design value, relatively high energy consumption and also high consumption of raw chemical material. The process unit is in low load operation for a long time, resulting in increased production costs. There are also other challenges such as product gas quality upgrading and tail gas emission treatment to meet standards. There are many challenges in promoting the construction of “intelligent purification plant” and digital transformation. Based on the analysis of the production and operation of one natural gas purification plant, this paper puts forward measures such as repairing and reusing the existing, power generation using natural gas residual pressure, unattended power station and promoting the construction of intelligent purification plant by optimizing the process flow of desulfurization unit, timely technical transformation, adjusting on-site operation and relevant parameters, summarizing the experience of production, operation and management, so as to promote the low-cost and high-quality development of the natural gas purification plant and achieve the goal

收稿日期:2021-10-08

作者简介:瞿 杨(1982-),男,重庆人,高级工程师,学士,主要从事天然气净化技术研究工作。E-mail:y_qu@petrochina.

com.cn

of reducing cost and increasing efficiency. This study provides experience and references for application of cost reduction and efficiency improvement measures on natural gas purification plants of the same nature.

Keywords: Natural gas; Low load; Optimization measures; Cost reduction and efficiency improvement

0 前言

随着中国经济进入高质量、高速度的发展新阶段,作为首选清洁能源的天然气,其消费需求将保持稳定增长,在经济社会发展中发挥重要作用,天然气行业发展前景广阔。2020 年以来,面对新冠肺炎疫情的冲击和国际油价断崖式暴跌的影响,某天然气净化厂生产经营面临提高产量、降低成本等多重压力,对其发展经营效益带来重大影响和挑战。

1 天然气净化厂现状

随着川东地区老气田进入中后期开发,地层天然气压力逐渐降低,开采难度逐渐增大,某天然气净化厂产能呈逐年下降趋势,脱硫装置长期处于低负荷运行状态,部分工艺参数偏离设计值,能源消耗和化工原材料消耗相对较高,生产成本增加。随着 GB 17820—2018《天然气》和 GB 39728—2020《陆上石油天然气开采工业大气污染物排放标准》正式发布,对天然气产品气质量和尾气排放提出了更高的要求。另外,在推进智能净化厂^[1]建设和数字化转型上,也存在工作效率不够高、智能化程度不够深、创新能力不够强等问题。

面临复杂、严峻的形势,某天然气净化厂开展了降本增效工作的实践与探索,以效益最大化为目标,牢固树立“一切成本皆可降”理念和长期应对低油价新常态认识,坚持提高天然气产量,增加效益,全力推进智能化和数字化的天然气净化厂建设^[1],切实降低天然气成本,提升业绩,实现节能降耗和降本增效。

2 降本增效举措

2.1 优化脱硫装置生产运行

2.1.1 优化工艺流程及参数

加强原料气预处理单元的过滤和排污操作,确保脱硫溶液系统清洁度,减少溶液过滤原件的消耗,降低溶液在清洗过程中的损耗,减少清洗水的产生,减轻污水处理装置负荷。对生产参数进行大数据分析,在保证天然气产品气质量的前提下,摸索某天然气净化厂的脱硫装置实时最优操作参数,调整脱硫溶液浓度,增加脱硫溶剂选择吸收性,提高天然气商品率。根据天气变化适时调整原料气和酸气放空火炬长明火燃料气以及分子封吹扫气的消耗量,提升脱硫装置燃料气使用效率^[2]。

2.1.2 摸索脱硫装置低负荷运行边界条件

根据脱硫装置生产实际需要,测试脱硫装置最低处理负荷,计算最低处理负荷下的能耗,确保低负荷状态下脱硫装置安全环保经济运行^[3-6];通过测试,摸索脱硫装置的低负荷运行边界条件^[7],提出工艺参数的最优组合,为脱硫装置科学、高效运行提供技术参考,在保障脱硫装置安全生产的同时,达到脱硫装置经济环保运行。

2.1.3 实施脱硫装置降压操作运行

川东地区气田开采后期井口产能下降较快,为配合气田产能的开发,某天然气净化厂分步进行了降压试验,在脱硫装置运行平稳、产品气合格外输的前提下,天然气净化装置系统压力下降 0.2 ~ 1.0 MPa。通过实施脱硫装置降压运行,有效降低了气田、气井的经济废弃压力,充分挖掘老气田的潜力,使气田产能得到进一步发挥,同时起到良好的节能降耗效果。

2.1.4 优化脱硫装置产能配置

根据上游单位原料气配产方案,在不影响产能发挥的前提下,适时停运部分脱硫装置,通过协调上游气矿调配原料气输量,增加其他净化厂的装置负荷率,降低净化厂的装置能耗及生产成本。2014 年关停 1 套脱硫装置,2017 年关停 1 套脱硫装置,2020 年关停 2 套脱硫装置^[8],通过合理调配原料天然气气质,有效调整其余原料天然气脱硫装置低负荷运行状况,充分挖掘脱硫装置运行潜能,使脱硫装置设备尽可能处于最优工况下运行,对保证脱硫装置生产安全、节能降耗及降低生产成本等具有重要的现实意义。

2.1.5 总结长周期运行经验

总结影响脱硫装置长周期运行的因素,从设计源头、加强设备日常维护、提高设备运行可靠性、强化工艺过程操作、保持脱硫装置运行稳定等方面入手,实现脱硫装置“两年一修或三年一修”工作,在一个检修周期内脱硫装置根据实际情况调整为不停产大修或者改为临停检修,达到降本增效的目的。

2.2 实施脱硫装置技改措施

某天然气净化厂始终把降本增效放在重要位置,与企业管理有机结合、相互促进,通过深挖内潜、自主创新、技术改造脱硫装置、修旧利旧等工作方式,力促降本增效上台阶。

2.2.1 适时实施技术改造

由于部分脱硫装置长期处于低负荷运行,循环冷却

水总量只有设计的一半,循环冷却水的流量、压力均有较大富裕。某天然气净化厂通过调研及理论核算,提出凉水塔电动风机改水动风机的技术改造方案,经改造后节约电能 $6.78 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h/a}$ [9-10]。

部分原料天然气脱硫装置硫黄回收风机风量富裕,通过将多余风量引至污水处理单元曝气,从主风机来的多余风量完全满足污水处理单元日常曝气所需,原提供曝气的罗茨鼓风机停运备用,仅在主风机停用后再启用,节约污水处理设施能源消耗 [11]。

硫黄回收装置生产出来的液硫经硫黄造粒机冷却、固化、称量、包装后生产成固体工业硫黄。但在实际生产过程中,固体工业硫黄易受装卸、运输、库存等因素的影响,经常出现杂质、水分含量过高的现象,影响硫黄产品质量,另外硫黄造粒机运行维护成本较高,且固体工业硫黄的生产、装车等人工成本较高。为了更好地销售硫黄,用保温槽车直接运送液硫至销售企业,节省了成型、包装过程中水电气和化工原材料的消耗,有效节约人力,降低生产成本,获取更大的经济效益。

2.2.2 修旧利旧

通过对已经使用后因存在某些故障而不能继续正常使用的旧设备、零部件进行维修,使其性能达到或接近原产品的技术指标,或从旧设备中拆卸有效零件经检修鉴定合格,用于其他场合,最大限度降低材料消耗,节约生产成本,提高经济效益。

某天然气净化厂通过修复燃料气自力式调节阀,阀门定位器维修再利用,机泵联轴器修复,板式换热器密封垫国产化 [12],进口分析仪采用耐高温、耐酸、耐碱通用氟橡胶 O 型圈 [13] 延长使用寿命等方式,降低生产成本,达到节约的目的。

2.3 创新脱硫装置技术驱动

2.3.1 建成天然气脱硫装置余压发电

脱硫装置产品天然气压力与外输管网压力之间存在差压,致使该部分余压未得到有效利用 [14-16]。余压发电技术是利用膨胀机将天然气产品气与外输管网间的差压转变为电能。余压发电技术在某天然气净化厂进行试点,提出生产装置与发电装置的无扰动切换思路,并依据此思路设计联锁逻辑,确保发电装置与生产装置分别出现故障时,互不影响,安全运行,达到回收余压能量的目的,通过技术改造后,发电量约 $140 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h/a}$,可节约成本 87 万元/a。

2.3.2 推行电站无人值守模式

变电站稳定运行是为了保障天然气净化厂供电网络的安全平稳运行,在某天然气净化厂开展电站智能机器人巡检试点建设,率先推行电站无人值守模式 [17]。同时通过加强计算机技术、图像数字化技术和信息技术的

应用,实现电站的综合监控、集中管理,利用现有网络对前端的图像、环境、设备运行状态、门禁、周界防范等进行有效的监控和管理,大幅度提高了对电站设备监控的实时性、有效性,减少了员工总量,降低了管理成本。

2.3.3 智能净化厂建设

开展天然原料气脱硫装置信息化基础设施升级改造工程,提升网络传输能力、优化设备性能、丰富传输模式;加快物联网项目推广应用,提升数据入库率和入库质量,实现装置全面感知能力,为智能净化厂建设提供基础支撑。以“投资+成本+科研”的方式 [18-20],从工艺技术、设备管理、安全环保、生产运行等核心业务着手,重点提升生产现场管控能力的项目建设,如自动化作业、先进控制系统、数字化管理平台、智能分析预测预警等,尽快建成具备“全面感知、自动操控、智能预测、辅助决策”功能的智能净化厂 [1]。

3 降本增效效果

某天然气净化厂通过优化脱硫装置工艺流程及操作参数,减少脱硫装置水、电、气以及化工原料消耗,摸索脱硫装置低负荷运行边界条件,实施脱硫装置降压操作运行,总结长周期运行经验,实现天然气脱硫装置长周期安全平稳运行,2020 年天然气处理量达 $143.03 \times 10^8 \text{ m}^3$,生产硫黄 $17.36 \times 10^4 \text{ t}$ 。通过天然气余压发电技术改造、过程气在线分析仪等的修旧利旧、积极争取享受国家电价优惠和直购电政策、落实新冠肺炎疫情期间国家支持企业发展的费用减免政策、电站无人值守等推行智能净化厂建设等一系列措施,2020 年某天然气净化厂降本增效节约费用达 3 523 万元,见表 1。

表 1 2020 年某天然气净化厂降本增效效果表

Tab. 1 Cost reduction and efficiency improvement of one natural gas purification plant in 2020

降本增效途径	节约费用/万元
技术改造	977
直购电	1 315
修旧利旧	136
抗疫政策减免	1 015
电站无人值守	80

4 结论

某天然气净化厂的降本增效工作是一项长期性、关键性和基础性工程。要积极践行“绿水青山就是金山银山”理念,坚持生态优先、绿色发展,坚决守住安全环保底线,良好的安全环保形势是降本增效的前提,脱硫装置平稳高效运行是降本增效的基本。要突出问题导向,

瞄准关键环节,坚持向内部挖潜要效益,树牢“一切成本皆可降”的理念,要在生产运行管理、技术改造、成果创新、智能净化厂建设等方面下功夫,切实降低生产运行成本。要加快创新转化,向科技创新要效益,加快技术成果化、有形化步伐,加快推动智能净化厂建设,牢固树立天然气净化厂未来发展的长期提质增效点。

参考文献:

- [1] 高进,傅适.智能天然气净化厂建设展望[J].石油化工自动化,2019,55(6):63-66.
GAO Jin, FU Shi. Construction prospect of intelligent natural gas purification plant [J]. Automation in Petro-Chemical Industry, 2019, 55 (6): 63-66.
- [2] 唐忠渝,瞿杨,姚云,等.天然气净化装置低负荷运行的节能措施[J].化工管理,2021,10(4):37-38.
TANG Zhongyu, QU Yang, YAO Yun, et al. Analysis on energy-saving measures for low-load operation of natural gas purification plant [J]. Chemical Management, 2021, 10 (4): 37-38.
- [3] 张翔,周维权,蒋蜀峰.天然气净化厂脱硫单元低负荷运行的节能措施[J].石油石化节能,2012,2(8):41-42.
ZHANG Xiang, ZHOU Weiquan, JIANG Shufeng. Energy-saving measures for low-load operation of desulfurization unit in natural gas purification plant [J]. Energy Conservation in Petroleum and Petrochemical, 2012, 2 (8): 41-42.
- [4] 岑兆海.天然气净化厂单元能耗评价指标探讨[J].天然气与石油,2011,29(4):29-31.
CEN Zhaohai. Discussion on unit energy consumption evaluation index of natural gas purification plant [J]. Natural Gas and Oil, 2011, 29 (4): 29-31.
- [5] 杜德飞,胡金燕,李宇,等.天然气净化厂脱硫装置能耗分析及节能措施探讨[J].油气田环境保护,2013,23(5):20-22.
DU Defei, HU Jinyan, LI Yu, et al. Energy consumption analysis and energy-saving measures of desulfurization device in natural gas purification plant [J]. Oil and Gas Field Environmental Protection, 2013, 23 (5): 20-22.
- [6] 孔祥丹.高含硫净化系统低负荷运行节能控制技术[J].石油与天然气化工,2018,42(2):116-120.
KONG Xiangdan. Energy-saving control technology for low-load operation of high-sulfur purification system [J]. Petroleum and Natural Gas Chemical Industry, 2018, 42 (2): 116-120.
- [7] 程晓明,杨艳,李林.天然气脱硫装置低负荷运行工艺模拟与优化[J].炼油与化工,2017,28(2):57-58.
CHENG Xiaoming, YANG Yan, LI Lin. Simulation and optimization of gas desulphurization unit operating at low load [J]. Refining and Chemical Industry, 2017, 28 (2): 57-58.
- [8] 程思杰,吴懈,纪文,等.天然气净化厂气质达标工艺改造能耗与节能措施分析[J].石油石化节能,2021,11(11):18-21.
CHENG Sijie, WU Xie, JI Wen, et al. Analysis of energy consumption and energy-saving measures for temperament compliance process transformation of natural gas purification plant [J]. Petroleum and Petrochemical Energy Saving, 2021, 11 (11): 18-21.
- [9] 钱成,曾强,张洁莹,等.浅谈凉水塔水动风机在天然气净化厂的推广应用[J].石油与天然气化工,2017,46(增刊1):81-83.
QIAN Cheng, ZENG Qiang, ZHANG Jieying et al. Talking about the promotion and application of cooling water tower water-driven fans in natural gas purification plants [J]. Petroleum and Natural Gas Chemical Industry, 2017, 46 (Suppl 1): 81-83.
- [10] 夏林,曾强,许佳乐,等.忠县天然气净化厂低负荷下公用辅助装置优化运行研究[J].石油与天然气化工,2021,50(2):115-119.
XIA Lin, ZENG Qiang, XU Jiale, et al. Study on optimal operation of public auxiliary device under low load in Zhongxian Natural Gas Purification Plant [J]. Petroleum and Natural Gas Chemical Industry, 2021, 50 (2): 115-119.
- [11] 李渭印.污水处理提质增效策略研究[J].广东化工,2021,48(14):157-158.
LI Weiyin. Research of strategies for improving wastewater treatment quality and effectiveness [J]. Guangdong Chemical Industry, 2021, 48 (14): 157-158.
- [12] 张卓哲,王浙冉.提高板式换热器换热效率的技术探讨[J].科技风,2017,(13):295.
ZHANG Zhuozhe, WANG Zheran. Technical discussion on improving the heat transfer efficiency of plate heat exchangers [J]. Technology Wind, 2017, (13): 295.
- [13] 曹大勇,钟洋,曾德智,等.酸压工况对氢化丁腈橡胶O型圈的损伤评价[J].天然气与石油,2020,38(6):92-96.
CAO Dayong, ZHONG Yang, ZENG Dezhi, et al. Pamage assessment on HNBR O-type ring under acid fracturing condition [J]. Natural Gas and Oil, 2020, 38 (6): 92-96.
- [14] 林武斌,廖远桓,杨巍.长输成品油管道余压发电节能技术应用研究[J].水泵技术,2020(4):44-46.
LIN Wubin, LIAO Yuanhuan, YANG Wei. Research on the application of energy-saving technology for long-distance product oil pipeline residual pressure power generation [J]. Water Pump Technology, 2020 (4): 44-46.

- [15] 赵国明. 天然气压力能回收利用技术[J]. 煤气与热力, 2019, 4(2): 111-114.
ZHAO Guoming. Natural gas pressure energy recovery & utilization technology [J]. Gas & Heat, 2019, 4 (2): 111-114.
- [16] 彭 雷. 天然气高压管网余压发电项目可行性分析[J]. 城市公用事业, 2010, 24(3): 35-38.
PENG Lei. Analysis of feasibility of power generation by using residual pressure in high pressure natural gas pipeline network [J]. Public Utilities, 2010, 24 (3): 35-38.
- [17] 高 进, 邱 斌, 赵飞贤, 等. 某天然气净化厂 110 kV 变电站无人值守运行管理实践[J]. 天然气技术与经济, 2019, 13(2): 75-77.
GAO Jin, QIU Bin, ZHAO Feixian, et al. Practice of unattended operation and management of 110 kV substation of a natural gas purification plant [J]. Natural Gas Technology and Economy, 2019, 13 (2): 75-77.
- [18] 韩文超, 侯志东, 王 磊, 等. 套损井的降本增效与挖潜治理[J]. 化学工程与装备, 2021, 4(1): 71-72.
HAN Wenchao, HOU Zhidong, WANG Lei, et al. Cost reduction and efficiency enhancement and potential tapping treatment of casing damaged wells [J]. Chemical Engineering and Equipment, 2021, 4 (1): 71-72.
- [19] 朱益飞. 依靠技术工艺创新, 实现油井提质增效[J]. 变频器世界, 2019, 5(3): 110-112.
ZHU Yifei. Relying on technological process innovation to realize the quality and efficiency of oil wells [J]. Inverter World, 2019, 5 (3): 110-112.
- [20] 代克洪, 胡邦臣. 安钢降本增效构建新型经济责任制的实践探索[J]. 冶金经济与管理, 2009(4): 36-38.
DAI Kehong, HU Bangchen. Practice and exploration of Anyang Iron and Steel Group Co., Ltd. in reducing cost and increasing economic benefit and building new type economic responsibility system [J]. Metallurgical Economics and Management, 2009 (4): 36-38.

中国石油首个长停井地热示范工程项目建成

2022 年 3 月 2 日, 长庆油田姬塬油区冯地坑地热工程项目在建成 1 个月后, 经技术数据检测, 每天可节约天然气 400 m³, 年可减排二氧化碳 293 t, 且各项参数指标好于预期。这标志着中国石油首个利用长停井开发的地热示范工程项目在长庆油田建成。

作为最具发展潜力、油气生产过程中伴生的地热资源, 其开发利用越来越受到重视。相对新钻地热井, 利用油田长停井开发地热的成本约为新钻地热井的 1/3。将油田大量的长停井改造为地热井, 用于生活采暖、输油伴热、管道清洗等, 每年可节约大量燃油、燃气、燃煤, 经济效益和社会效益显著。

长庆油田聚焦“双碳”长远规划目标, 结合生产实际, 按照新能源业务“清洁替代、战略接替、绿色转型”三步走的总体部署, 在陕北“姬塬油田绿色低碳先导示范区”开展长停井开发利用地热试验。

在前期开发试验阶段, 长庆油田会同相关技术专家积极开展区域地热资源分布规律、地热能开发技术以及长停井井况调查研究, 查明了试验工作区范围和埋深地温场展布情况, 圈定了地热异常区, 创新提出了长停井改造利用地热能技术方案。通过井站筛选和可行性论证, 最终确定利用停用的一口井作为项目示范井, 并运用中深层套管式换热技术, 从深部地层提取热源, 以“取热不取水”的物理原理, 为站内供暖和外输原油加热。

据了解, 这个工程项目首次在长庆油田陕北油区综合应用中深层套管式换热技术, 为油田大量长停井地热资源的综合开发利用, 以及在供热领域的探索创新提供了借鉴和示范, 对上游企业开发地热资源、清洁文明生产和有效保护当地环境具有重要意义。

(王 路 摘编自中国石油新闻中心)