

渤西终端放空天然气回收工艺方案研究

张时佳 张 斌

天津中海油工程设计有限公司, 天津 300452

摘 要: 渤西终端的放空天然气大部分去火炬燃烧。为了减少温室气体排放, 节约能源, 有必要将常规不予回收的放空天然气进行回收再利用。分析了国内外放空天然气回收工艺方法, 针对渤西终端火炬系统的现状, 提出采用气柜回收放空天然气的方法, 不影响火炬系统紧急泄放。该方案实施可行, 且能取得良好的效益。建议在各终端处理厂推广应用放空天然气回收工艺。

关键词: 放空天然气; 回收工艺; 螺杆压缩机

DOI: 10.3969/j.issn.1006-5539.2014.04.007

0 前言

火炬用来处理工艺过程中无法收集和再加工的可燃气体, 是保障安全生产的重要设施。在火炬中被燃烧的烃类等可燃气体量相当可观。据统计, 我国每年约有 $16 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的天然气被放空烧掉。近十多年来, 世界各国开始对火炬系统进行改造, 将放空天然气回收利用^[1]。不仅提高经济效益, 而且节能减排, 同时延长火炬的使用寿命。

本文以渤西终端为例, 对火炬放空系统中放空天然气回收的工艺方案进行研究。

1 国内外放空天然气回收工艺

目前国内外用于放空天然气回收的工艺方法主要有两种: 气柜回收放空天然气工艺和在线压缩机直接回收放空天然气工艺。这两种回收工艺的优缺点如下:

a) 气柜回收放空天然气工艺, 由于气柜具有缓冲、调节功能, 可以稳定压缩机入口压力, 避免压力波动, 但存在投资高, 占地大的缺点。

b) 在线压缩机直接回收放空天然气工艺, 压缩后送往燃料气系统, 流程简单, 占地少, 操作方便, 但受来气压力影响会造成压缩机经常启/停转换^[2]。

放空天然气回收工艺的关键是压缩机, 由于放空天然气的流量和组成波动很大, 压缩机的选择比较困

难。在选择压缩机回收放空天然气前, 应对放空天然气的流量和组成进行长期测定, 求其平均值。根据平均值选择压缩机, 若压缩机选择过小, 则放空天然气不能充分回收, 选择过大, 由于部分气体经常打循环而多耗电。目前国内用于放空天然气回收的压缩机大多采用螺杆压缩机^[3]。

1.1 国内放空天然气回收工艺

1.1.1 气柜回收放空天然气工艺

低压放空天然气从火炬系统管网通过气液分离器向气柜输送放空天然气, 缓冲沉降后, 经压缩机增压送入锅炉掺烧。按放空天然气气量 10% 的余量选取气柜容积, 以保证 3 h 的放空天然气储存量。其储存形式选用垂直升降橡胶膜密封干式气柜。为保证放空天然气稳定回收, 通常设置 2 台螺杆压缩机组^[4]。工艺流程见图 1。

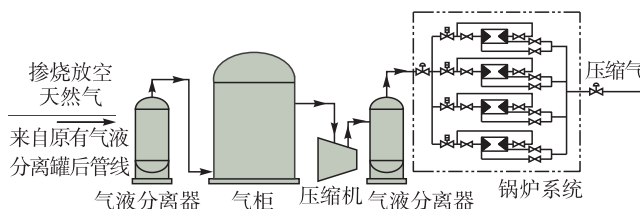


图 1 气柜回收放空天然气工艺流程

收稿日期: 2014-03-09

基金项目: 中国海洋石油有限公司天津分公司开发部歧口 18-1 油田综合调整开发方案研究 (2011 ODP 01)

作者简介: 张时佳 (1982-), 女, 黑龙江哈尔滨人, 工程师, 硕士, 主要从事石油及天然气研究及设计工作。

1.1.2 在线压缩机回收放空天然气工艺

正常操作条件下,放空天然气经回收管线汇集,由压缩机增压,再进入分离器进行气液分离后供用户使用。压缩机出口分离器设安全阀,其泄放气体返回放空天然气回收管线。同时,压缩机出口管线设止回阀。放空天然气回收后,火炬筒内气量降低,有欠气工况,无法维持筒内正压,会出现空气倒吸回火现象,需在回收流程中设置水封罐。

安全阀泄放工况下,放空天然气气量较大,放空管压力增加,压缩机回收部分放空天然气,剩余部分气体突破水封罐水封,自动点火系统检测水封罐后气体流量,点火燃烧^[5]。工艺流程见图 2。

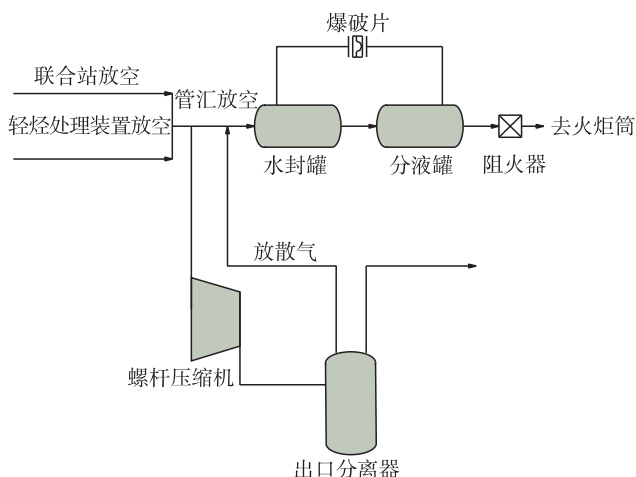


图 2 在线压缩机回收放空天然气工艺流程

1.2 国外放空天然气回收工艺

1998 年,Umoe 工艺技术公司(UPT)开发的火炬放空天然气回收系统在北海挪威海区得到了广泛应用,该系统大幅降低了该海域的火炬放空量,降低了二氧化碳及氮气的排放。

Gullfaks A 在应用该系统前,每年放空 $2\,300 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的气体,投产该部分气体用于用户外输,每年可节约近 2 000 万挪威克朗。

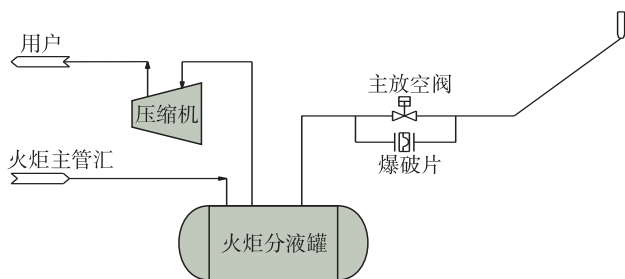


图 3 国外放空天然气回收工艺流程

该系统首先将放空天然气由火炬管汇引入气液分离器,经气液分离后,气体由压缩机压缩后去用户。回收

系统运行时,与气液分离器相连的火炬放空管线关闭。回收系统处理量为定值,如果泄放气量超过回收系统处理能力,回收系统将关闭,火炬放空管线上的主阀门将打开。若发生故障,阀门打不开,在阀门旁路上安装一个可靠的破裂膜片用于气体的泄放。工艺流程见图 3。

2 终端放空天然气回收工艺方案

2.1 渤西终端及其火炬系统

2.1.1 渤西终端

渤西终端是渤西油田群的下游。它位于天津市塘沽区西沽潮音寺附近,主要对来自渤西海上油田生产的含水原油和天然气及污水进行处理。渤西终端的燃料气有 3 个来源,正常操作时,一部分再生气作为燃料气,如果量不够,再从干气产品线中补充;从天然气预分离器(V-1401)前引出一股原料气作为开工燃料气。另从液化气储罐顶部引出一股气进入开、停工燃料气罐,作为开停工燃料之用。

燃料气系统压力为 0.60 MPa.a,用于火炬系统、再生加热炉(B-1401)、导热油加热炉(B-4201)、蒸汽锅炉及轻油储罐的密封气。

导热油炉 2 台,满负荷用气量为 $15\,120 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

蒸汽锅炉燃烧天然气,用量为 $4\,080 \text{ m}^3/\text{d}$ 。1 台 2 t/h 蒸汽锅炉,蒸汽用于厂区有关工艺管线的扫线、污水处理及全厂供热。

2.1.2 火炬系统

各装置区来的放空天然气经火炬总管进入火炬分液罐,气体去火炬头点燃放空,凝液排至轻油罐区。

火炬头有先进的检测系统,当长明灯熄灭时,立刻有信号传到点火盘,进行自动点火,如果在几秒钟内没能点火成功,相应的报警器将报警;火炬头有先进的分子密封,在吹扫气损失或中断的一定时间里,分子密封能起到连续的保护作用;火炬分液泵为自动/手动控制,能及时排掉火炬分液罐中的液体。

火炬系统设计参数:设计能力 $80 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$;设计压力 330 kPa.a;设计温度 $-18.7 \sim 90 \text{ }^\circ\text{C}$;操作压力 110 kPa.a;操作温度 $20 \sim 60 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

渤西终端火炬系统实际放空量在 $8\,000 \sim 12\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

2.2 放空天然气回收工艺方案

中海油下属的渤西终端投产时间较长,增加放空天然气回收装置属于改造范围,经济效益是项目能否实施的关键,新增设备不能影响原火炬系统流程的正常运行,控制需简单,设备摆放需紧凑,减少改造工作量。

由于渤西终端放空天然气量较少,且不稳定,若选用压缩机在线直接抽吸,压缩机可能存在频繁启停问题,且在运行时由于气量不稳定,压缩机的操作运行存

在困难。故放空天然气回收宜选用设置气柜和压缩机的流程。

具体回收方案是:回收系统设置气柜,用于回收储存放空天然气;增加压缩机,将低压的放空天然气增压,用作锅炉燃料;在原有火炬系统增加水封装置。工艺流程见图 4。

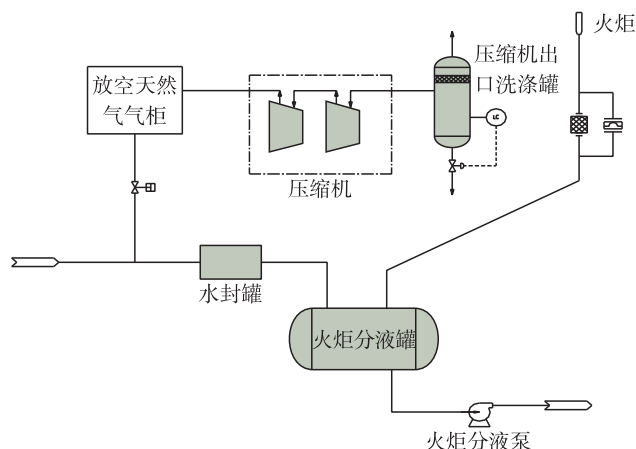


图 4 渤西终端放空天然气回收工艺流程

2.2.1 工艺流程说明

来自火炬系统管汇的放空天然气在压力低时不能突破水封,进入放空天然气回收系统的气柜,压缩机抽吸气柜来气,出口分别连接到低、中压燃气管网上,进入全厂的燃料气系统;当放空天然气气量超过放空天然气回收系统处理能力时,其压力升高,多余气体则突破水封罐水封,进入火炬分液罐,分离出夹带的液滴后,进入放空火炬燃烧。

2.2.2 主要设备

放空天然气回收系统主要设备包括放空天然气气柜和压缩机及水封罐。

2.2.2.1 放空天然气气柜

由于火炬系统放空天然气气量较少,且来气为间歇工况,设置气柜能够保证一定的缓冲时间,使得压缩机入口压力为定值,稳定运行。根据渤西终端放空气量,设置气柜有效容积为 $1\,250\text{ m}^3$,缓冲时间为 3 h ,尺寸为内径 15 m 、高 8 m 。

2.2.2.2 压缩机

选用国产 LG 20/0.9-00 湿式螺杆压缩机,冷却方式采用水冷,入口压力为 $0\sim 50\text{ kPa}$,出口压力升至 550 kPa ,变频调节范围 $20\%\sim 100\%$,同时考虑回流调节,压缩机可调排气量为 $0\%\sim 100\%$ 。

该螺杆压缩机特点:

- 在吸入压力波动情况下也能稳定运行。
- 当放空天然气中含有液体时,压缩机可带液正常操作。
- 采用了 3 组组合结构密封形式,防止螺杆停止时

气体泄漏。

d) 现场的电气设备、仪器仪表均为防爆型,采用 PLC 控制系统。

e) 压缩机入口有负压保护装置,可防止气柜抽空。

2.2.2.3 水封罐

正常工况下放空天然气压力低时,被水封封住,气体进入回收装置回收。当来气量超过回收系统处理能力或重大事故 PSV 紧急排放工况下,气体冲破水封排向火炬,经火炬头燃烧后放空^[6]。

2.2.3 安全措施

2.2.3.1 水封

在放空天然气回收主管上设置水封罐,一是防止火炬回火;二是作为放空天然气回收系统的压力控制设备。

2.2.3.2 压缩机的压力及温度控制

在压缩机入口管线上设置低压报警关断和压缩机回流调节阀,保证压缩机最小流量,防止压缩机抽空。

在压缩机出口设置高压报警关断,当压缩机出口压力达到一个高压设定点时,压缩机入口阀门关闭,压缩机内部打回流;当出口压力超过高高压力设定点时,压缩机关断,保证燃料气系统的安全。在压缩机入口管线上设置低温报警,出口管线上设置高温报警,保证压缩机安全正常运行。

2.2.3.3 防火防爆

仪表、电气设备均采用防爆型,并设置可燃气体探测仪。压缩机组设置消防水喷淋。

3 投资估算及经济评价

项目增加的主要设备包括放空天然气气柜、压缩机、压缩机出口涤气罐、水封罐。项目投资估算见表 1。

本项目总投资 520 万元,回收放空天然气 $1.0\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 。以每年操作 330 d 计算,每年回收放空天然气 $330\times 10^4\text{ m}^3$,以伴生气价格 1 元/ m^3 计算,每年节约资金 330 万元。本项目静态投资回收期为 1.6 a。

表 1 渤西终端放空天然气回收利用投资估算

增加设备	规格	价格 / 万元
放空天然气气柜	内径 15 m 、高 8 m	140
压缩机	$1.0\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$	180
涤气罐	内径 0.8 m 、高 1.8 m	30
水封罐	内径 0.8 m 、高 1.5 m	30
电气部分	—	30
仪表部分	—	80
管线部分	—	30
合计		520

4 结论

根据以上研究成果,采用放空天然气回收工艺方案在经济上是可行的,技术成熟,安全可靠,改造工作量小。虽气柜占地面积较大,但终端处理厂一般厂区范围较广,可以解决占地问题。在终端能够落实放空天然气气量的前提下,当放空天然气气量大于 $4\,000\text{ m}^3/\text{d}$ 时,静态投资回收期不大于 4 a,经济效益较显著。放空天然气回收不仅可以节能减排,还能够取得一定的经济效益,建议在各终端处理厂推广应用放空天然气回收工艺。

参考文献:

- [1] 李娟娟. 边际海上油田零散天然气回收技术研究[J]. 天然气与石油, 2012, 30(1): 22-23.
- Li Juanjuan. Research of Marginal Offshore Oilfields Scattered Gas Recovery Technology[J]. Natural Gas and Oil, 2012, 30(1): 22-23.
- [2] 赵军艳, 蔡共先. 浅谈塔里木油田放空天然气回收措施[J]. 天然气与石油, 2012, 30(5): 13-15.
- Zhao Junyan, Cai Gongxian. Recovery Measures of Vented Gas in Tarim Oilfield[J]. Natural Gas and Oil, 2012, 30(5): 13-15.
- [3] 贾玉亭, 蔡宏图. 火炬气回收及排放系统的优化[J]. 安全、健康和环境, 2003, 3(12): 14-15.
- Jia Yuting, Cai Hongtu. Optimization of Flare Gas Recovery and Vent system[J]. Safety, Health & Environment, 2003, 3(12): 14-15.
- [4] 李秀宾, 张旭霞. 火炬气回收利用技术的研究[J]. 现代化工, 2010, 3(3): 331-332.
- Li Xiubin, Zhang Xuxia. The Research of Flare Gas Recovery Technology[J]. Modern Chemical Industry, 2010, 3(3): 331-332.
- [5] 蔡永春, 裴兵. 温米油田火炬放空气回收技术的研究与应用[J]. 新疆石油天然气, 2009, 5(2): 91-92.
- Cai Yongchun, Pei Bing. The Research and Application of Flare Gas Recovery Technology in Wenmi Oilfield[J]. Xinjiang Oil & Gas, 2009, 5(2): 91-92.
- [6] SY/T 10043-2002, 泄压和减压系统指南[S].
- SY/T 10043-2002, Guide for Pressure-Relieving and Depressuring Systems [S].