

西峰油田伴生气循环回收利用技术应用实践

裴润有 周学军 雷钧 王海军 郝坚

(中国石油长庆油田公司技术监测中心)

摘 要 西峰油田原始气油比高,伴生气量大,为高效回收利用伴生气资源,开发出了井口定压集气、油气混输、油气分输、三相分离、原油稳定、大罐抽气等伴生气回收技术,实现了从井口至联合站的全过程密闭集输,充分回收伴生气资源,并通过轻烃回收、燃气发电、余热利用等技术的实施,实现了伴生气资源的高效利用。

关键词 西峰油田;伴生气;回收利用

中图分类号: X741

文献标识码: A

文章编号: 1005-3158(2013)06-0019-04

0 引 言

西峰油田位于甘肃省陇东油区,2003 年投入正式开发,勘探面积 5 000 km²,开采层位为三叠系长 8 油层,地层原始气油比较高,达到 78.8~106.4 m³/t。经过 10 年的注水开发,西峰油田目前日产油 2 450 t,根据实际接收气量和生产场站耗气量测算,生产气油比平均值为 54 m³/t,目前伴生气资源总量为 13.23 × 10⁴ m³/d。从伴生气组分测定看,伴生气密度 1.20 kg/m³,天然气热值 54.16 MJ/m³,C₃ 以上组分达到 20% 以上,且不含硫化氢气体,是很好的工业生产气源,具有较高的利用价值。

为有效回收利用原油伴生气资源、减小环境污染,西峰油田在地面建设过程中,开展了伴生气集气、输气、回收和利用等工艺技术的研究与应用,形成了一套较为成熟的伴生气循环回收综合利用技术体系。目前已建成轻烃处理厂 2 座、燃气发电厂 1 座、原油稳定装置 1 套、余热导热油锅炉 3 台等,各类集气管线 114 km。

1 伴生气循环回收利用

西峰油田在伴生气资源的回收和利用过程中,通过井口定压集气、站点伴生气输送和应用联合站伴生气回收技术等手段,实现了油气生产环节的全过程密闭集输,充分回收利用了伴生气资源。

1.1 井口定压集气,源头回收伴生气

西峰油田开发初期,为将各井口套管气集中回收,结合大部分油井套压高于集油管线回压的特点,试验应用了井口定压放气阀。该阀安装在套管气出口和单井(或井组)集油管线之间,结合油井现场生产

实际设定合理的套压值,当油井套压超过设定压力时,采用弹簧式安全阀泄压原理,定压放气阀自动打开,套管气泄放到集油管线中进入下游站点。根据油井合理套压匹配特性研究,不同气油比的油井控制不同定压放气阀的开启压力,具体为:生产气油比 ≥ 100 m³/t,套压控制在 2.0~2.4 MPa。生产气油比 50~100 m³/t,套压控制在 1.4~1.8 MPa。生产气油比 < 50 m³/t,套压控制在 0.4~1.0 MPa。

在试验过程中,针对定压放气阀阀座密封不严、冬季阀座出口处易冻堵的缺陷,对阀座、过油流程进行改进,将该阀安装在单井管线上,单井(井组)出油液量沿定压阀阀芯的外部环形空间流过,利用井口油温对阀芯进行保温,解决了冬季阀座出口处原油不流动而冻堵的问题,定压放气阀结构见图 1。该阀已在所有油井进行推广应用,实现了井口伴生气全部密闭回收。

1.2 站点伴生气输送,确保气路通畅

增压点、转油站主要功能是将各区域内井组所产油气混合物加热、增压输送至联合站,因单螺杆泵携气能力有限,无法实现油气混输。为实现伴生气集中回收,先后在西二增、西六增 2 座站试验应用了 2LYQB 型、YQB 型、XHS 型 3 种型号油气混输泵,试验效果不理想。西二增管辖油井 21 口,日产液 105 m³,日产油 67 t,综合含水 25%,测算日产气量 6 000 m³,站内主要设施为总机关、收球筒、缓冲罐、气液分离器、外输泵、加热炉等。该站配套 YQB 型油气混输泵后,试验将油气混合物从收球筒出口直接进泵后外输至下游站,工艺流程见图 2。试验过程中,因所管辖井组间隙出油较严重,站内某一时间段内判断无液量进入,油气混输泵进口压力上升,打开进口放空阀有大量气体,出口压力无变化,分析认为该泵无法实现高气油比下的油气混

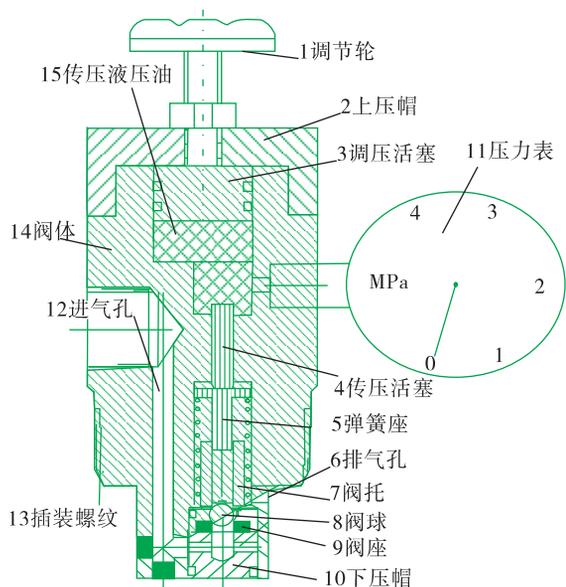


图1 定压放气阀结构示意图

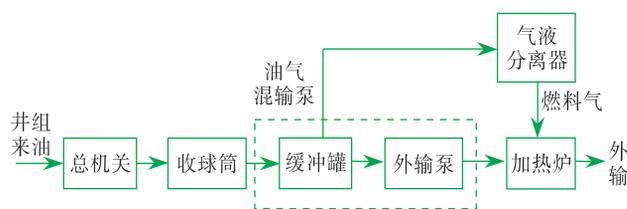


图2 油气混输泵替代原增压点设备流程

输;运行时间延长后,油气混输泵出现振动、发热、机械密封漏油等现象,无法实现井组来液直接油气混输的目的^[1]。通过已配套的分离缓冲罐对部分气体进行分离后,单螺杆泵和油气混输泵均能正常运行,可实现低伴生气量下的油气混输。

对于液量较大、气油比大于 $50 \text{ m}^3/\text{t}$ 的增压点和转油站,综合考虑管理及运行费用,采用油气分输方案具有较大优势,即增加敷设伴生气管线,油、气管线同沟敷设至下游站。井组来液经缓冲罐油气初步分离后,原油通过离心泵或螺杆泵外输,伴生气经气液分离器分离后通过管线自压至轻烃厂。

因经缓冲罐分离后的伴生气中带液率较高,管线低点洼处易积聚凝液,增大上游站气系统压力。为此,在集气管线低点安装伴生气分液器定期排放液体,降低管线运行压力。截止目前,西峰油田已建成了 22 条输气管线,满足了大液量站点伴生气自压输送需求。

1.3 联合站伴生气回收技术

◆ 引进油气水三相分离技术,高效分离伴生气

油井产出液经过增压输送至联合站后,前期的缓冲罐+沉降罐脱水工艺无法密闭分离和回收伴生气,因此,引进了油气水三相分离器^[2],对伴生气通过一级

分离、二级捕雾器处理后,进入轻烃回收系统;油水混合物进入沉降室,通过整流、消泡、聚集、沉降分离等处理单元后,实现油水分离,出口原油含水 $\leq 0.5\%$,达到对外交接指标,三相分离器替代了沉降罐。

在试验过程中,针对三相分离器运行中存在的气中带液率高的问题,在室内流态模拟研究的基础上进行改进,将捕雾器中丝网位置由原来的进口上方 800 mm 降至 500 mm,更适合捕雾器捕捉粒径 $80 \mu\text{m}$ 以下液滴的要求,同时增加了捕雾器出口上方的空间,便于被气流携带的液滴沉降。

◆ 大罐抽气、原油稳定技术配套,减少蒸发损耗

为了减少油品在储存、输送过程的挥发损耗,在西峰油田两座联合站应用大罐抽气和原油稳定工艺,对站库挥发伴生气进行收集,提高了伴生气回收率,降低了站库安全运行风险。

西一联配套大罐抽气装置 1 套,采用微正压抽吸工艺(抽吸压力 $0.1 \sim 0.15 \text{ kPa}$),对两座沉降罐内挥发伴生气通过石油气压缩机进行密闭收集。气体收集管线从沉降罐采光孔处连接,管线外径 $\Phi 373 \text{ mm}$,采用 3° 倾角缓慢下降的高空架设方式,避免凝液在管线内积聚增大气体运移阻力。储罐内气体在压差的作用下进入稳压罐,经分离后的气体进入石油气压缩机进行一级压缩,压缩后的气体输至第一轻烃厂处理,日均回收气量约 2000 m^3 。

西二联配套原油稳定装置 1 套,采用负压闪蒸工艺,对三相分离器出口净化油进行脱气处理。主要工艺为三相分离器脱水后的净化原油(含水率 $\leq 0.5\%$)进入原油稳定系统,净化原油经换热器加热至 60°C 后进入原油负压闪蒸塔进行稳定。塔顶压力稳定在 $-0.05 \sim -0.03 \text{ MPa}$,塔底稳定原油经稳定原油泵外输至净化油罐;塔顶油气经空冷器冷却后进负压抽气压缩机压缩,并经空冷器冷却到 40°C 后去立式三相分离器。分离后轻油进泵增压至轻油储罐,稳定气与集气总管混合后至轻烃回收装置。该装置设计规模 $120 \times 10^4 \text{ t/a}$,实际稳定油量 $23 \times 10^4 \text{ t/a}$,日回收气量 3000 m^3 ,输至第二轻烃厂进行处理。

两种工艺相比较,原油稳定对挥发伴生气的回收更加彻底,可以在集中处理站推广应用。

2 轻烃回收处理技术

伴生气通过收集、输送汇集至两座联合站,由于气量较大,除供联合站加热用气外,剩余气量初期通过火炬燃放。经过可行性分析和投资效益测算后,在两座联合站旁各新建轻烃处理厂 1 座,设计处理量均

为 $6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ (最大处理量 $8.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)。

轻烃厂采用冷油吸收工艺,主要流程为原料气通过压缩机两级压缩,经冷却、分离脱水、冷凝降温后的液烃进入脱乙烷塔分馏,塔顶分离的低温干气外输,塔底分离出的重烃输往液化气塔进一步分离。液化气塔顶分馏出的液化气经冷却后进液化气储罐,液化气塔底部的稳定轻烃进轻油储罐,工艺流程如图3所示。目前两座轻烃处理厂实际处理气量 $8.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,生产液化气、轻烃 43 t/d,干气 $5.6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。经检测,干气密度 $0.961 \text{ kg}/\text{m}^3$,天然气热值 $43.35 \text{ MJ}/\text{m}^3$,具体组分见表1。生产的液化气、轻烃商业销售,年生产天数 330 d,轻烃 5 500 元/t,年创效 7 800 余万元。

表1 西峰油田轻烃装置放空干气组分统计

组分	体积含量/%
CO ₂	0.385
CH ₄	71.807
C ₂ H ₆	16.44
C ₃ H ₈	8.156
iC ₄	0.316
nC ₄	0.488
iC ₅	0.032
nC ₅	0.026
C ₆	/
C ₇	/
H ₂ S	/
N ₂	2.35

3 燃气发电利用

由于第一轻烃厂生产干气量大,除供站点、生活基地加热用气后仍有较大余量通过火炬燃放,而且每年停厂检修期在一个月以上,既浪费了伴生气资源,又对

环境造成一定的污染,因此,引进燃气发电利用技术,对轻烃厂处理后的干气进行利用。在第一轻烃厂旁新建燃气发电厂,装机功率 7 000 kW,其中,配套 2 000 kW 燃气轮机发电机组 3 台(单台燃机正常耗气量为 $600 \text{ m}^3/\text{h}$)、500 kW 活塞式发电机组 2 台,结合夏季干气量多、冬季干气量少的生产现状,选用不同容量的机型组合发电。轻烃厂装置正常运行时,发电厂气源为轻烃厂生产的干气;轻烃厂装置检修时,发电厂气源为未处理的伴生气。设计冬季干气供气量 $3.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,夏季干气供气量 $5.1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,每标方干气可发电 $2.5 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。目前发电厂实际利用干气量 $4.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 左右,发电量 $9.0 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{d}$,通过地方变电所并入 35 kV 电网,成为甘肃省第一个利用伴生气发电并入国家电网公司的企业。

燃气发电厂年发电量 $3 200 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h}$,商品率 98%,销售电价按 $0.50 \text{ 元}/(\text{kW} \cdot \text{h})$,发电成本费用为 $0.322 \text{ 元}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ 计算,年收入可达到 500 余万元。

4 余热利用

燃气轮机的发电效率不到 30%,即 70% 以上的输入能量以废热形式排放。为有效利用发电厂烟气余热,配套 EGS-4100 型余热导热油锅炉 3 台(与西一联初期配套 3 台 4 000 kW 热媒加热炉提供热源相当),现场连接在发电机组的烟道出口处。进入余热锅炉的烟气量根据导热油出口温度由三通风门自动调节,精确控制导热油出口温度。三通风门耐高温,配调节型执行器,其开度在 $0 \sim 90^\circ$ 可调。夏季不用余热时,烟气经旁通烟道直接进入烟囱,余热锅炉前后及旁通烟道均设膨胀节。

每台余热导热油锅炉配置一套循环泵组,另设一套备用泵组作为三台锅炉共同备用。余热锅炉系统和原热媒加热系统可各自独立运行或同时运行,系统

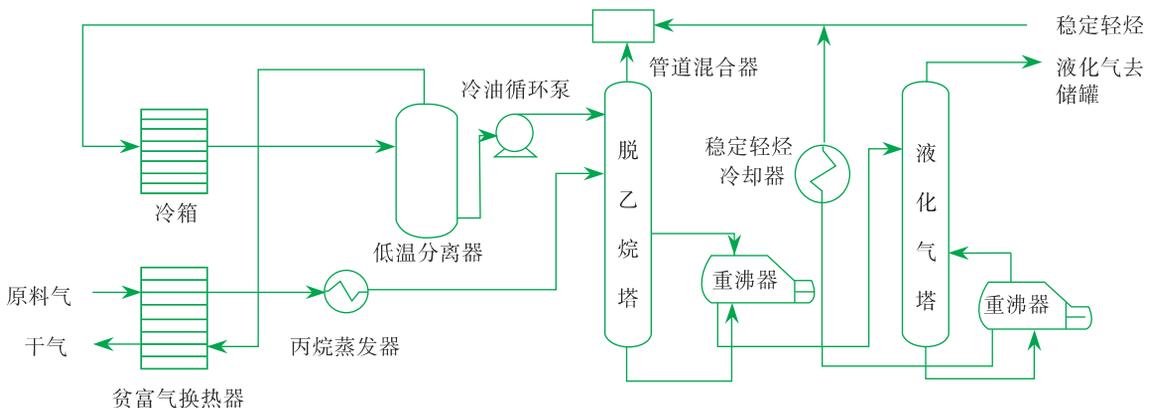


图3 冷油吸收工艺流程

可靠性高。通过导热油吸收烟道内的高温排气热量后提供西一联、轻烃厂、发电厂的生生活所需热能。余热导热油锅炉设计燃气轮机烟气温度 400℃，排烟温度 185℃，导热油额定进口、出口油温分别为 140℃，180℃，主要运行参数见表 2。余热导热油锅炉的使用，停用了西一联冬季燃烧的两台热煤加热炉，节约的 $1.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 干气量全部用于发电，增加约 $2.0 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{d}$ 的发电量。

通过以上技术的综合应用，西峰油田所产原油伴生气得到了充分利用，原各井场、站点、轻烃厂燃放火炬彻底熄灭，除上游站加热炉用气外，伴生气全部进入轻烃厂系统，回收率达到 100%。原油伴生气集中供给轻烃厂提取重烃，干气发电，剩余烟气余热进余热锅炉为西一联和轻烃厂生生活提供热能，实现

表 2 EGS 型余热导热油锅炉参数统计

序号	参数名称	技术指标	现场运行参数		
			1#	2#	3#
1	额定热功率/kW	4 100	4 267	4 143	3 066
2	设计压力/MPa	1.6	1.25	1.20	1.15
3	烟气温度/℃	400	391	415	377
4	排烟温度/℃	185	187	213	234
5	导热油进口油温/℃	140	143	140	143
6	导热油出口油温/℃	180	195	190	186
7	风门开度/%	100	50	40	35

了“闭路循环”和资源的规模化、多元化循环再利用，除去加热炉、锅炉散热损失外，循环利用率达到 95%，西峰油田伴生气回收、循环利用见图 4。

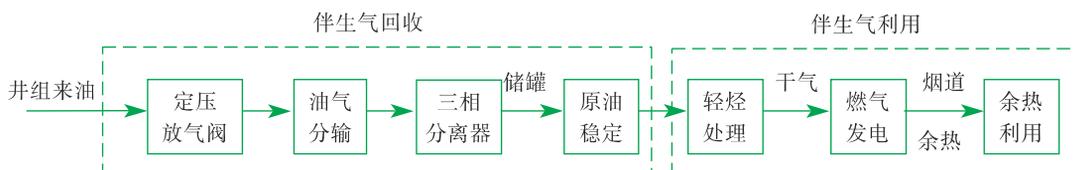


图 4 西峰油田伴生气循环利用示意

5 结束语

西峰油田通过对伴生气回收、轻烃回收、燃气发电、余热利用技术的综合利用，达到了伴生气循环利用回收的现场典型示范引领作用，取得了显著的经济和社会效益。

◆ 通过西峰油田伴生气回收技术的研究与应用，逐步形成了“井口定压集气、油气混输或分输、三相分离、原油稳定、大罐抽气”的密闭集输系统，伴生气回收率达到 100%。

◆ 通过“轻烃回收、燃气发电、余热利用”技术的综合配套，除去加热炉、锅炉散热损失外，伴生气循环利用率达到 95% 以上。

◆ 西峰油田通过轻烃回收年生产液化气、轻质油约

$1.4 \times 10^4 \text{ t}$ ，年发电量 $3 200 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ，创造直接经济效益 8 300 余万元。

◆ 高气油比油田伴生气密闭集输，消除了站点冬季伴生气无序扩散引发人员中毒、燃烧爆炸的隐患；消灭了井场、站点火炬，解决了火炬燃放的环境污染问题，减轻了企业环保压力，促进了企地和谐。

参考文献

[1] 田景隆. 西峰油田油气混输技术应用情况及分析[J]. 科技创新导报, 2011(24): 57-58.
 [2] 夏政, 林昱. 长庆油田油气集输与处理系统节能降耗研究[J]. 石油和化工设备, 2011, 14(10): 80-82.

(收稿日期 2013-03-07)

(编辑 王蕊)

环保部启动“十三五”规划课题研究

环保部将启动“十三五”规划课题研究，并按照“开门编规划”的原则，将此次规划的全部 21 个课题在全社会范围内公开选拔研究单位。

据悉，环保部高度重视“十三五”环境保护规划的编制，组织环境规划院等单位制定了三年工作方案，于 2013 年启动规划重点问题研究。规划财务司和环境规划院筛选了部分重点问题公开选聘承担单位，邀请在中国境内注册、具有法人资格的企业或事业单位单独或联合申报，共同参与全部 21 个课题的研究，研究成果将为“十三五”环境保护规划提供支持和建议。

此次规划的 21 个课题研究涵盖了近年受到持续关注的环境问题，如我国城市环境空气质量 $\text{PM}_{2.5}$ 指标达标分析与路径研究、典型水环境单元污染防治方案编制的关键技术研究、“十三五”土壤环境保护目标指标研究等。

(摘编自 经济参考报 2013-08-29)