

致密气井放空天然气制作 CNG 回收工艺研究

杨永春 李建珍 潘登 曾璐 袁健 谢奎 黄靖富

中国石油川庆钻探工程有限公司

DOI:10.12238/pe.v2i5.9851

[摘要] 致密气井储集岩普遍孔隙度低、渗透率低、含气饱和度低。因储层条件差、自然产能低,必须通过加砂压裂等技术手段才能获得工业气流。致密气井勘探和开发过程中,储层改造后,确定流体性质及产量前,不铺设集输管线,排液及测试常采用放空燃烧天然气的方式,因其储层的低孔、低渗、低含气饱和度和特性,水力加砂压裂规模大,排液及测试周期较长,单井放空燃烧天然气量较大,造成天然气资源浪费,且影响井站周边环境。为有效利用天然气,降低环保风险,研究了放空天然气制作压缩天然气(CNG)回收工艺,应用表明,CNG方式回收放空天然气,可有效减少能源浪费,保护环境。

[关键词] 致密气井; 放空天然气; CNG; 回收

中图分类号: TF526+.4 文献标识码: A

Research on the production and recovery process of CNG from tight gas well venting natural gas

Yongchun Yang Jianzhen Li Deng Pan Lu Zeng Jian Yuan Kui Xie Jingfu Huang

CNPC Chuanqing Drilling Engineering Co.,Ltd

[Abstract] Tight gas wells generally have low porosity, low permeability, and low gas saturation in reservoir rocks. Due to poor reservoir conditions, the natural production capacity is low, Industrial airflow can only be obtained through technological means such as sand fracturing. During the exploration and development process of tight gas wells, After reservoir transformation, Before determining fluid properties and production, Not laying natural gas pipelines for transportation, Drainage and testing often use the method of venting and burning natural gas, Due to its low porosity, low permeability, and low gas saturation characteristics in the reservoir, Adopting large-scale hydraulic sand addition, The drainage and testing cycle is relatively long, Single well venting combustion generates a large amount of natural gas, Causing waste of natural gas resources, And it also affects the surrounding environment of the well station. To effectively utilize natural gas and reduce environmental risks, Studied the process of recovering compressed natural gas (CNG) from vented natural gas, Application indication, Recycling emptying natural gas using CNG method, Can effectively reduce energy waste and protect the environment.

[Key words] Tight gas wells; Venting natural gas; CNG; recovery

引言

致密气是指储集于致密储层中的天然气资源,一般情况下致密气多指致密砂岩气。致密气最早在1926年发现于美国圣胡安盆地,在中央向斜部位发现了Blanco特大型气田,当时称之为隐蔽气藏。中国川渝地区致密砂岩气藏的勘探始于20世纪60年代,自20世纪70年代初发现中坝气田至今,川西坳陷在三叠系上统须家河组-侏罗系中统沙溪庙组已经发现了新场、合兴场、大邑、平落坝、邛西、金华、秋林等致密气藏^{[1][3]}。川西南部和中部在侏罗系地层中发现了新场、洛带、平落坝、大兴西等气田,川东北渡口河、五宝场地区侏罗系中统沙溪庙组亦发现致密

气藏并投入开发。根据国家能源局《致密砂岩气地质评价方法》,致密砂岩气覆盖基质渗透率小于或等于 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的砂岩气层,单井一般无自然产能或自然产能低于工业气流下限,但在一定经济条件和技术措施下可获得工业天然气产量。通常情况下,这些措施包括压裂、水平井、多分枝井等^[4]。因致密砂岩气藏有效井比例低^[5],建井过程中,未确定是否获得工业气流前,不下入生产油管、不铺设集输管道,近年来致密气井压裂采用的液量规模及支撑剂规模普遍较大,统计表明:西南某区域近年水力压力液量规模3000-30000 m^3 左右,支撑剂规模500-7000T左右,压裂后采用放空燃烧天然气的方式排液及测试,排液周期45天

左右,单井放空天然气 $60 \times 10^4 \text{m}^3$ 左右。为减少放空天然气燃烧造成能源浪费、降低井场周边环境影 响,开展了放空天然气压缩 (CNG)回收工艺研究。

1 工艺流程

致密气井压裂后,产量及流体性质尚未确定,井口附近通常不铺设输气管线。为确定产量及流体性质,井场采用临时放喷排液测试流程,通用放喷排液测试流程如图1。

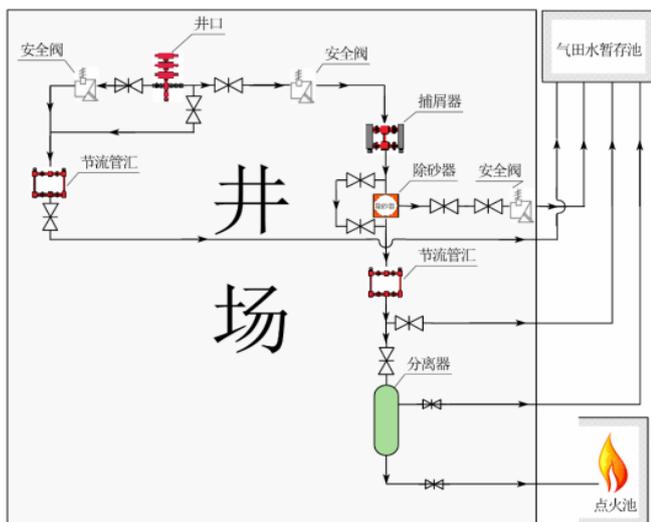


图1 放喷排液测试流程示意图

近年勘探开发表明,西南地区致密气井天然气主要是非含硫天然气、C3及以上组分普遍含量3-7mol%。致密气井放喷排液测试阶段,井口压力通常0-50MPa,经测试流程节流后,分离器后端压力0-6MPa,为有效利用天然气,结合致密气组分特点,设计了放空天然气制作CNG(Compressed Natural Gas)回收流程如图2:

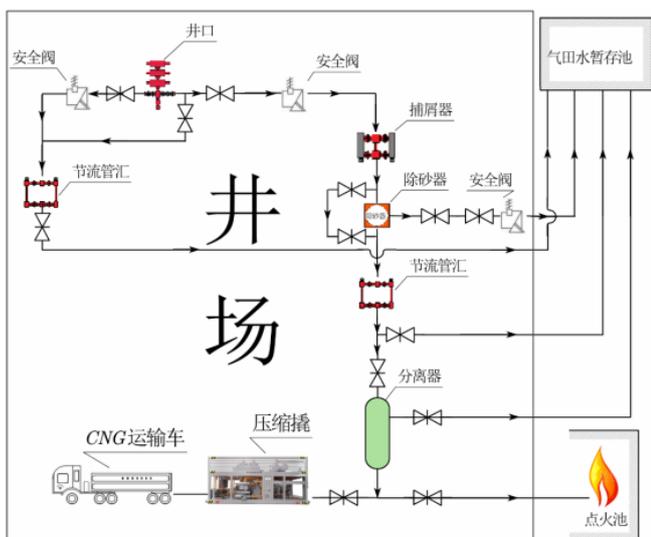


图2 放空天然气压缩回收工艺流程图

1.1 两级压缩流程工艺

采用撬装集成,由低压分离单元、两级压缩单元、高压干燥

单元、充装计量单元、减压加热单元五个单元模块组成。

天然气从测试流程分离器后端,经进气口进入低压分离单元,采用重力分异或者离心分离方式,进行气液分离,分离出的液体去排污口,气体进入两级压缩单元(超压后气体排放至点火口),一级压缩将天然气压力提升至8-10MPa,冷却、气液分离后进入二级压缩,二级压缩将天然气压力提升至21-25MPa,冷却、分离、过滤后进入高压干燥单元,高压干燥单元天然气再次经过滤,去除干燥产生的粉尘,即可经充装计量单元,由充装口进入管束撬。经高压干燥和过滤的天然气,经减压加热单元,调节至预定压力,可为燃气发电机提供燃料气,也可为控制仪表提供压力。两级压缩流程设计处理量 $10.0 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$,进气压力1.0-25.0 MPa,排气(充装口)压力20.0-25.0 MPa。

1.2 四级压缩流程工艺

采用撬装集成,由低压分离单元、四级压缩单元、高压干燥单元、充装计量单元、减压加热单元五个单元模块组成。

天然气从测试流程分离器后端,经进气口进入低压分离单元,采用重力分异或者离心分离方式,进行气液分离,分离出的液体去排污口,气体进入四级压缩单元(超压后气体排放至点火口),一级压缩将天然气压力提升至1.5-2.0 MPa,冷却、气液分离后进入二级压缩,二级压缩将天然气压力提升至4.0-5.0 MPa,冷却、气液分离后进入三级压缩,三级压缩将天然气压力提升至9.0-10.0 MPa,冷却、气液分离后进入四级压缩,四级压缩将天然气压力提升至21.0-25.0 MPa,冷却、分离、过滤后进入高压干燥单元,高压干燥单元天然气再次经过滤,去除干燥产生的粉尘,经充装计量单元,由充装口进入管束撬。经高压干燥和过滤的天然气,经减压加热单元,调节至预定压力,可为燃气发电机提供燃料气,也可为控制仪表提供压力。四级压缩流程设计处理量 $2.4 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$,进气压力0.3-25.0 MPa,排气(充装口)压力20.0-25.0 MPa。

2 工艺参数

2.1 两级压缩流程工艺参数

两级压缩流程工艺参数如表1所示:

表1 两级压缩流程工艺参数

压缩级数	进气压力(MPa)	排气压力(MPa)	日处理量($10^4 \text{m}^3/\text{d}$)	电源	功率(KW)	控制方式
2	1.0-25.0	20-25	10	380V/50Hz	100-120	PLC

两级压缩流程采用撬装集成。当进气压力低于1.0 MPa时,前端需要节流调压至1.0 MPa以上;当进气压力达到或高于充装压力时,无需启动压缩机,采用节流管汇控压至充装压力,经压缩撬净化充装。

2.2 四级压缩流程工艺参数

四级压缩流程工艺参数如表2所示:

四级压缩流程采用撬装集成。当进气压力低于0.3 MPa时,前端需要节流调压至0.3 MPa以上;当进气压力达到或高于充装

压力时,无需启动压缩机,采用节流管汇控压至充装压力,经压缩撬净化充装。

表2 四级压缩流程工艺参数

压缩级数	进气压力 (MPa)	排气压力 (MPa)	日处理量 ($10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)	电源	功率 (KW)	控制方式
4	0.3-25.0	20-25	2.4	380V/50Hz	200-220	PLC

3 设备

致密气井放空天然气制作CNG回收,两级或者四级压缩流程均采用撬装集成,配备300KW燃气发电机2台。配套地面测试流程设备有捕屑器、除砂器、节流管汇、分离器、控制闸阀等。若气温低或者节流管汇存在冻堵,需要采用蒸汽锅炉、热交换器等保温设施。

根据作业现场回收气量、压力条件,可以选择单个压缩撬,也可采用多个压缩撬并联。

CNG运送,根据压缩回收站产气量、充装速度、运送里程、道路条件、接收站卸载速度统筹调度,采用6管束、8管束、10管束或12管束压缩天然气运输撬运送,可以多个压缩回收站对一个接收站,也可一个压缩回收站对多个接收站,运输车辆数量满足运送需要即可。

4 工艺质量控制

本工艺目前仅应用于致密气井放空天然气回收,两级压缩流程和四级压缩流程均设计了气液分离、干燥、过滤装置,现场定期取气样进行分析检测,以保证外运CNG高位发热量、总硫、硫化氢、二氧化碳摩尔分数、液态水、液态烃、固体颗粒含量符合输送和使用要求(GB 17820)。若二氧化碳、氮气等非可燃气体含量超标,采用现场放空燃烧方式,不进行压缩回收。

5 应用及效果

该工艺通过近一年在川渝地区的现场应用,运行稳定,已累计回收天然气2000余万方。按低位天然气热值 $37620 \text{ KJ}/\text{m}^3$ 、电能热值 $3600 \text{ KJ}/\text{KW} \cdot \text{h}$ 折算,节省电能 $2.09 \times 10^8 \text{ KW} \cdot \text{h}$,有效利用了能源。按天然气燃烧碳排放 $1.964 \text{ kg}/\text{m}^3$ 计,减少无效碳排放近4万吨,有效保护了环境。

6 结论

(1)设计研制的CNG流程,采用撬装集成化,在现有测试流程基础上,仅增加天然气发电机、CNG压缩撬2个汽车运输模块即可

实施放空天然气回收,并可根据回收规模需要,灵活配置所需设备,扩展性好,适应性强。

(2)实施致密气井放空天然气CNG回收工艺,根据实际运行条件,综合考虑产气规模、运送距离、需求规模、天然气价格等因素,测算利润符合预期,即可实现效益运行。

(3)应用结果表明,致密气井排液及测试阶段,CNG方式回收放空天然气可减少能源浪费,保护环境。

[基金项目]

川庆钻探工程有限公司科研项目“钢丝桥塞封堵工艺研究”(编号CQ2023B-Y-30-4)。

[参考文献]

[1]杨克明,朱宏权,叶军,等.川西致密砂岩气藏地质特征[M].北京:科学出版社,2012.

[2]杨克明,庞雄奇.致密砂岩气藏形成机制与预测方法——以川西坳陷为例[M].北京:科学出版社,2012.

[3]谢刚平,朱宏权,叶素娟,等.四川盆地叠覆型致密砂岩气区地质特征与评价方法[M].北京:科学出版社,2018.

[4]GB/T 30501-2022,致密砂岩气地质评价方法[S].

[5]刘忠群,徐士林,刘君龙,等.四川盆地川西坳陷深层致密砂岩气藏富集规律[J].天然气工业,2020,40(2):31-40.

作者简介:

杨永春(1970--),男,汉族,重庆市人,从事油气田开发工作,中国石油川庆钻探工程有限公司。

李建珍(1970--),女,汉族,重庆市人,石油地质方向,中国石油川庆钻探工程有限公司。

潘登(1976--),男,汉族,四川省德阳市人,地层测试及装备研究,中国石油川庆钻探工程有限公司。

曾璐(1983--),男,汉族,四川省遂宁市人,石油工程,中国石油川庆钻探工程有限公司。

袁健(1988--),男,汉族,四川省绵竹市人,石油工程,中国石油川庆钻探工程有限公司。

谢奎(1978--),男,汉族,四川省广汉市人,英语专业,中国石油川庆钻探工程有限公司。

黄靖富(1990--),男,汉族,重庆市,资源勘察工程,中国石油川庆钻探工程有限公司。