

# 天然气的低温处理方法

刘培林

海洋石油工程股份有限公司设计公司,天津塘沽,300452

**摘要** 低温分离,是利用地层本身能量节流降压制冷,用低温分离方法脱除天然气中凝液的处理工艺。其特点是工艺流程及设备简单,运行可靠,维修方便,操作范围弹性大,适用于高压大流量条件,流量和压力易于调节。当地层压力下降过低时,该制冷工艺不适用。

**关键词** 低温分离器 水合物 脱水 露点 加热盘管

所谓低温分离,即分离装置的操作温度在 $0^{\circ}\text{C}$ 以下进行的气液分离作业。天然气通过低温冷却可回收更多的液烃。图1为典型的低温分离工艺设计图。

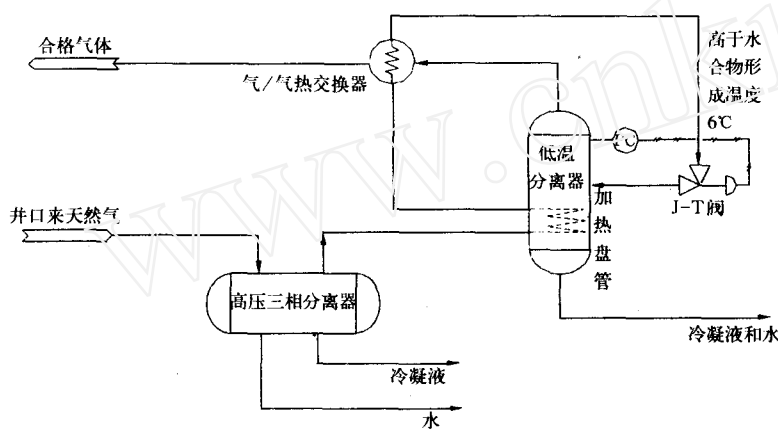


图1 典型的低温分离工艺设计图

## 1 低温分离器工作原理

低温分离器是一种利用井下液气流的高流速来融化已形成的水合物的一种设备。低温分离器由于工作在低温条件下,它可以稳定冷凝液;与多级闪蒸分离器相比,它可以回收更多的中间烃类成分。

设计低温分离器,要使它允许生成水合物,但在水合物堵塞下游设备前,又必须能借助流入气流的热能融化水合物。

低温分离器的作用与冷凝稳定器一样。自然的冷回流作用,存在于由液相分离出的气体上升和物流入口冷凝液的下降之间,其中较轻的烃类又

进入到分离气体中,较重的组分则再冷凝。另外,进入低温分离器内部节流器下游的气体温度越低,液态回收的中间烃类越少,其蒸气压也越低。这就是为什么在某些情况下,或许需要在盘管入口气流的上游加热或补充一些热量给液体以降低液体的蒸气压的缘故。

总之,在较低的分器温度下,可以从气体中清除更多的液体,适当地给底部加热,可融化水合物,再汽化较轻组分,以使它们同销售气结合,而不是将它们以液体形式在低压下闪蒸。冷回流液会再冷凝那些可能在加热工艺条件下被汽化的重质组分,并防止它们损失到气流中。

## 2 低温分离工艺流程描述

如图1所示,对井口来的气体先初步进行气液分离,使气中的凝液和水分离掉。高压气体流进入低温分离器后,通过盘管快速冷却,再经气/气热交换器进一步冷却;通过温度控制器,使其温度控制在水合物形成的温度以上,然后经节流阀(J-T阀)降压进入低温分离器。在此,液体进入低温分离器的底部。

在低温分离器中,从高压分离器中分离出的气体在低温分离器盘管中进行冷却,温度刚好高于水合物形成的温度,可保证节流后进入低温分离器的气流的温度尽可能的低。节流器直接安装在容器内部,当压降产

生时,温度将低于水合物形成点;此时,水合物也可生成,但它们落入分离器底部并被加热盘管所融化,所以水合物不会堵塞节流器。

注意:如果物流中存在烃类液体,在经过节流阀后它将会降低温度降,因此不希望物流在进入低温分离器节流阀之前出现液体。因为当气体节流膨胀后,在温度降至低于水合物形成点时,冷凝水在低温分离器的节流器会结冰,通过节流器的烃类液体并不有助于绝热膨胀,只会放出热量,降低膨胀气体的净制冷效果。

### 3 低温分离器的内部设计考虑

#### 3.1 节流器设计

节流器的设计与常规的气体处理系统不同。节流器设置在分离器的内部,气体经节流器后产生水合物。节流器的内部设计使水合物不易聚集,水合物将被分离器底部的液体冲洗,并被分离器内部设置的热盘管所融化。这种特殊的设计是这个装置操作性能的关键。

#### 3.2 低温分离器的操作温度

在低温分离器中,油气分离器的操作是在水合物的形成温度以下进行的,且必须形成水合物。另外,节流器前的温度必须控制在水合物形成温度之上。水合物的温度可查找有关天然气水合物温度的曲线。

#### 3.3 分离器内加热盘管

为融解分离器底部的液体,通常在分离器底部设置加热盘管,使节流后形成的水合物得以融化。高压入口气流通常作为加热盘管的加热介质,另外,热源也可以通过别的途径提供,如热水或蒸气等。

### 4 低温分离技术的优缺点

低温分离装置的优点是:(1)流程简单,易实现自动化;(2)设备紧凑;(3)操作范围弹性大,适用于高压大流量条件,流量和压力易于调节;(4)提高了凝析油回收率;(5)如果有足够的压力降,脱水效果会很好;(6)如果有足够的压力降,它将是更有效、最经济的脱水方法;(7)初始投资比较低,投产快,容易维护。

缺点是:(1)必须有大的压力降,才能满足通常水露点和烃露点的冷凝要求;(2)随着压力下降,效果降低;(3)随着井口温度升高,效果降低;(4)在进入分离器之前,为防止水合物生成,必须将操作温度控制在非常接近水合物温度点,并保持最大的脱水要求。

### 5 用途

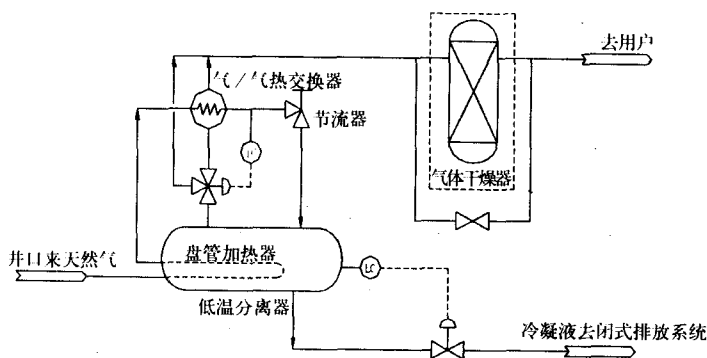


图2 某气田仪表气处理系统流程图

低温分离技术的采用,取决于气田实际储量、采收率及凝析气田的特点。例如,我国四川的凝析气田已经成功地使用了该低温分离技术,较之常温分离技术,其凝析油采收率成倍提高。很多情况下,天然气靠节流降压、低温分离,使其烃露点和露点降低,以满足管输要求和天然气用户要求,另外这也是天然气处理系统的节能措施之一。例如,我国南海某气田拟在井口平台上利用平台本身生产的高压天然气,经节流降压、冷凝处理,使天然气的露点降低,以满足平台气动仪表、气动泵及控制阀的要求。它取代了我国大部分海上油气田平台使用的压缩空气系统,节省了空气压缩机系统的投资,同时它利用了气田本身的气源,见图2。

(下转第47页)

术素质的基础上。

(10) 南海东部地区近年开发井的钻井作业几乎都是定向井、延伸井和水平井。在油藏地质背景较为熟悉的情况下,应用 GST 系统和“软着陆”钻井方案钻水平井,有着广泛的发展前景。

(收稿日期:1999-04-22;编辑:郭 驷)

(上接第 38 页)

从井口管汇或计量分离器来的天然气,大多数是被水和凝析油饱和了的天然气,当压力降低时,会出现凝析液,而凝析液必须除去。除去凝析液的方法是通过 J-T 效应节流降温,使冷凝液析出。为防止 J-T 阀上游形成水合物,进入 J-T 阀入口的气体的温度要保持在稍高于水合物形成温度上,因此不需要注入防冻剂。天然气通过控制阀进行膨胀,然后流进低温分离器。突然的膨胀产生了凝析液,形成了水合物。从低温分离器分离出的气体,经气/气换热器后,温度升高,以满足用户的露点要求。J-T 阀入口温度,也是通过此气体进行调节的,以防止形成水合物,堵塞 J-T 阀。

随着气田生产天然气生产后期气井压力下降,J-T 阀节流效应所除去的凝析液,将不能满足仪表气和气动设备用气的露点要求。例如在第 1 年,仪表动力气源的露点为  $-3.2^{\circ}\text{C}$  (A 平台),而到气田生产后期其露点将高达  $5.5^{\circ}\text{C}$ ;因此,在 J-T 阀的下游增设了 2 级气体干燥器。气体干燥器的形式与我们通常使用的压缩空气干燥器一样,在此不再赘述。

## 6 应用的局限性

现在的低温分离器已不同于以前的分离器,因为它要靠油层本身的油气压力和温度来操作。低温分离器的低温是由天然气大压差节流降压所产生的节流效应所获得。节流前的操作压力是根据低温分离器的操作温度确定的。当井口压力和温度变化较大时,工艺控制比较困难。另外,当流动温度和压力随时间改变时,操纵装置必须重新进行调整。如果盘管来气过冷,则液体中的轻组分有可能冷凝;如果入口物流过热,已凝聚的油和水重新蒸发为气态,则更多的中间组分将损失到气流中。这样就会使凝析油的回收率不高,天然气中的水汽含量仍很高。从水合物溶解方面来看,在寒冷的冬季会出现过低的液体温度,造成堵塞低温分离器的液体出口。

低温分离工艺通常适用于富气的分离;至于贫气,当低温分离工艺对液烃回收具有经济价值时才可使用。此外,对压力高、产气量大的气井,当气体主要组分除甲烷外还有含量较高的硫化氢、二氧化碳、凝析油以及液态水和汽态水时,也宜采用低温分离技术。

## 7 参考文献

- 1 林存瑛主编. 天然气矿场集输. 北京:石油工业出版社,1997
- 2 曾自强,张育芳主编. 天然气集输. 南充:西南石油学院,1996
- 3 阿诺德肯,斯图尔特 莫里斯. 油气田地面处理工艺——气处理系统和设施设计. 吴孟君译. 杨延昕校. 北京:石油工业出版社,1992

(收稿日期:2000-02-21;编辑:张金棟)

——修井机技术参数应根据今后作业内容来确定。如果考虑修井机今后要进行大修作业,在设计阶段,修井机负荷、泥浆泵泵压及排量、配套设备等就应从大修作业方面考虑(为了节约费用,降低生产成本,修井机设计仍按最大工作负荷进行。由于油田前期为常规修井作业,修井机前期设备配套按常规修井配备,只预留设备安装空间;油田后期需要进行大修作业时,修井机再按大修要求全面配备,而且一个油田几个平台共享修井机大修配套设备,如柴油机、泥浆泵、转盘、水龙头、井口工具等);反之,考虑修井机今后工作范围只是常规修井作业,修井机负荷、泥浆泵泵压及排量、配套设备等,就仅从常规修井作业考虑,以节省费用,降低成本。

——正确认识修井机国产化。渤海公司修井机状况:埕北B平台修井机为加拿大DRECO生产的K400-60T修井机,埕北A平台修井机为美国LTV生产的WILSON 30-90T修井机,绥中36-1A平台修井机为美国LTV生产的WILSON 38-80T修井机,绥中36-1B平台修井机为加拿大DRECO生产的K80-60T修井机,绥中36-1J平台修井机为美国IRI生产的60T修井机;这些修井机从设备的使用性能、配套程度到设备的维修、操作等方面都令人满意,给人们留下了深刻印象,十几年来用它们培养了众多的技术骨干;当接触国产修井机时,某些操作人员对它们存在一些偏见。在修井机国产化初始阶段,必须正确认识国产修井机,不能因国产修井机存在着或多或少的问题,就对修井机国产化持否定态度,修井机国产化的道路必须坚定地走下去;在概念上应该明确,在目前阶段国产修井机与进口修井机的区别在于哪种修井机更好用、更可靠,而不是能用和不能用。

(本文写于1998年7月,同年8月2日渤西修井机的井架发生了意外。渤海公司吸取了经验,在这以后的修井机井架设计计算中采取了第三方验算和监督制造的机制,确保了修井机井架质量的可靠性,并取得了可喜成效——喻贵民)

(收稿日期:2000-04-20;编辑:张金棣)

## 作者简介

- 陈国庆 讲师,1971年出生,1993年毕业于上海交通大学船舶与海洋工程专业,现在上海交通大学船舶与海洋工程学院工作
- 周学军 工程师,1967年出生,1988年毕业于江汉石油学院仪表自动化专业,现在中海石油研究中心工作
- 孟宪华 高级工程师,1961年出生,1987年毕业于石油大学(北京),获工学硕士学位,现在中国石油天然气集团公司石油工程技术研究院从事滩海工程技术研究工作
- 姜 伟 高级工程师,1955年出生,1982年毕业于西南石油学院钻井工程专业,现在中海石油(中国)有限公司天津分公司工作
- 李银素 高级工程师,1947年出生,1970年毕业于河北工业大学化学系,现在中海石油技术服务公司工作
- 沈 伟 工程师,1967年出生,1989年毕业于石油大学(华东)炼制系,1997年于石油大学获硕士学位,现在中海石油技术服务公司技术发展中心工作
- 林广辉 1957年出生,1983年毕业于江汉石油学院石油工程系,同年到南海东部石油公司工作,现任BP AMOCO流花油田联合作业集团高级工程师
- 高宝奎 工程师,1965年出生,1987年毕业于兰州大学力学系,1992年于清华大学工程力学系获硕士学位,现在石油大学从事油气井管柱力学研究工作
- 刘培林 工程师,1965年出生,1988年毕业于石油大学(华东)采油专业,现在海洋石油工程股份公司工作
- 伍年青 高级工程师,1945年出生,1969年毕业于北京石油学院采油专业,现在吉林油田设计院从事供排水、油田注水和含油污水处理地面工程设计工作
- 郭永峰 讲师,1955年出生,1994年获石油大学(北京)硕士学位,现在中海石油技术服务公司工作
- 喻贵民 工程师,1969年出生,1992年毕业于西南石油学院矿机专业,现在中海石油技术服务公司井下作业公司工作

——本刊

Key Words: Liaodong Bay, cluster well, high quality and high speed drilling, drilling technology, management

#### Development of New Activity Agent of Barite and Its Assessment in Sea Water Drilling Fluid

..... *Li Yinsu, Zhang Jufen, Mo Chengxiao, Pan Huifang* (20)

Abstract: In order to solve effectively the suspend stability of weighting materials in sea water drilling fluid, a new activity agent of weighting materials is developed, which can resist against salt, calcium and high temperature. This paper introduces the activity mechanism of barite, and lists the experiment results of new kind of activity barite in high temperature (180~210 °C) and high density (1.8~2.4 g·cm<sup>-3</sup>) in sea water drilling fluid.

Key Words: activity barite, weighting agent, suspend properties, sea water drilling fluid

#### Research and Practice of Improved Drilling Fluid Properties ..... *Shen Wei* (26)

Abstract: Several factors effecting drilling drag of extended reach well are discussed this article. In order to utilize sufficiently all advantages of Polyglycol Enhanced Mud, some technical measures were brought forward, by which the lubricity of PEM mud is improved, and the ability of anti-sticking of drilling fluid enhanced, resulting in reduction of drilling drag.

Key Words: extended reach well, drag, anti-sticking, lubricity

#### Influence of High Temperature on Strings Helical Buckled in Vertical Wells ..... *Gao Bookui, Gao Deli* (30)

Abstract: Analytic solution is established to describe axial force distribution of strings helical buckled in vertical wells when slack down from the top. When temperature increases, deformation will develop under post buckling conditions, and it is difficult to describe axial force with analytic method, so numerical method is used. Near the point where well diameter changes, high temperature causes a sharp leap of load, local friction will turn direction to keep the continuity of axial force.

Key Words: string, helical buckling, temperature, axial force, friction

#### Calculation of Pressure Wave Speed in Cooled Crude Oil Pipelines ..... *Zhang Zubin, Zhang Guozhong* (33)

Abstract: The pressure wave-speed should be mastered during the operation of crude oil pipelines. After the heated pipeline shut down, the oils shrinkage with temperature decreasing and the yield stress emerges when cooled to some extent. Therefore, hot-oil pipeline initial restart pressure wave-speed is different from that in usual fluid, which is dependent on the range of cooling, the exerted pressure and the propagated distance, besides crude oil and pipe properties. From the principles of momentum conservation and mass conservation, the formula of pressure wave-speed in the fluid with cooling contraction and yield stress has been derive.

Key Words: crude oil pipelines, pipeline transportation, yield stress, pressure wave-speed, calculation

#### Low Temperature Treatment of Natural Gas ..... *Liu Peilin* (37)

Abstract: Low temperature separation, uses the high energy from the well stream to throttle and reduce pressure, then remove the condensate. This technical feature of process and equipment is simple, reliable, and easily for maintainance etc. This method is suitable for high pressure and high flow-rate condition, but is seldomly used since pressure declines quickly.

Key Word: low-temperature separation unit, hydrates, dew point, heating coil, dehydration

### • PETROLEUM EQUIPMENT •

#### Study and Application of Geo-Steering Drilling System ..... *Lin Guanghui* (39)

Abstract: Geo-steering (GST)drilling is a new technology for evaluating the formation collegially while drilling. It was published in early 1990's, and has been applied in drilling engineering since the middle of 1990's. Its main surveying system is consisted of a GST sub, LWD (Logging While Drilling ), and MWD (Measuring While Drilling ). The GST sub is just a few meters above the drilling bit. The main characteristic of formation, such as lithology, physics and chemicals, can be measured after very short footage of new hole been drilled. Based on the analysis of the geological and reservoir data of the offset wells, it can be predicted what formation to be drilled. Soft-landing is a profile design to set the landing point (enter horizontal interval )into the proposal position and for the geological target. The well profile can be designed and modified according to the data from offset wells and GST surveys before and while drilling.

Lufeng 22-1 Oil Field is a large-scale field with quite thin bed. There are many structural faults through the reservoir. The pay zone is mainly sandstone but interlining with other lithology. The GST and Soft-landing technology was applied in the field to drill five(5) horizontal wells. It indicated that the technology was helpful and valuable for drilling through the faults and modifying the profile to land the horizontal section in the perfect geological target effectively. This treatise discusses how to use the technology for Soft-landing and drilling ahead the horizontal interval in ideal pay zone.