

天然气各组分水合物形成条件关联式

Joho J. Carrol *
(加拿大气液公司)

杜建芬
(西南石油学院)

Joho J. Carrol 等. 天然气各组分水合物形成条件关联式. 天然气工业, 2002; 22(2): 66 ~ 71

摘 要 在油气工业中, 水合物的危害性很大, 会堵塞管线, 损坏设备。在较冷的地区, 水合物甚至能在油藏中形成, 给这些资源的开采带来很大的问题。讨论了天然气中常见的 7 个纯组分水合物形成条件的相关实验数据, 并将这些数据关联, 得到用于计算这些物质水合物形成条件的经验方程。研究表明烃类组分水合物的形成与烃的摩尔质量相关, 同时也表明水合物形成条件与正常沸点紧密相关。这一结果对烃类和非烃类组分都是正确的。最后与经典热力学相结合, 将这些关联式用于预测水合物的生成焓。型水合物的焓约为 60 kJ/mol, 型水合物的焓约为 130 kJ/mol。但有一例外, 氮气形成的水合物虽为型水合物, 但其生成焓更接近于型水合物。

主题词 天然气 水合物 形成 条件 烃 质量 沸点

水合物是由水和小分子烃形成的固态结晶体, 无论外观还是物性都与普通冰非常相似, 但却至少有一点不同, 那就是水合物的形成温度高于 0 (水的凝固点)。水合物中, 水分子形成三维立体排列或似笼形结构。其他分子, 称为客体分子或水合物形成物, 圈闭在笼形中。水和其他分子间无化学键。

仅小分子能形成水合物。能形成水合物的气体包括甲烷、乙烷、丙烷、异丁烷、氮气、二氧化碳和硫化氢等, 所有这些气体在天然气中都很常见。比异丁烷大的分子如正丁烷、异戊烷、正戊烷等等都不能形成水合物。正丁烷属于特殊情况, 它本身不形成水合物, 但当存在另一水合物形成物如甲烷时, 正丁烷能进入水合物晶格 (Ng 和 Robinson, 1976)。形成水合物的其他要求是高压和相对低的温度的适当组合。笔者在此讨论了天然气中的上述 7 个组分形成水合物的确切压力和温度。文中所涉及的相态表示为: V——气相、H——水合物、L_A——水液相 (实质是液体水)、L_N——非水液相。

V + L_A + H 关联式

最常见的水合物形成条件包括气体、液态水和水合物。应用下面方程关联 V + L_A + H 实验数据:

$$\ln p = A + BT + C/T + D \ln T \tag{1}$$

式中: 温度 T 的单位是 K, 压力 p 的单位是 MPa。这是一个半经验方程, 其基础是 Clausius - Clapeyron 方程。各种气体的 A 、 B 、 C 、 D 系数见表 1。H₂S 的关联式取自 Carroll 和 Mather (1991), 本研究结果推导了其他气体的关联式。

表 1 方程 (1) 中的相关系数

组分	A	B	C	D
CH ₄	- 146. 109 4	0. 316 5	16 556. 78	0
C ₂ H ₆	- 278. 847 4	0. 562 6	33 996. 53	0
C ₃ H ₈	- 259. 582 2	0. 580 0	27 150. 70	0
iC ₄ H ₁₀	469. 124 8	- 0. 752 3	- 72 608. 26	0
CO ₂	- 304. 710 3	0. 613 8	37 486. 96	0
N ₂	26. 119 3	0. 010 3	- 7 141. 92	0
H ₂ S	- 19. 987 4	0. 151 4	2 788. 88	- 3. 578 6

L_A + L_N + H 关联式

通常将这些固体看成是水合物在一定程度上是不准确的, 因为水合物可能在液体存在的条件下形成。这种情况不仅可能且较为普遍。乙烷、丙烷和异丁烷都以液体形式形成水合物。所以液化石油气

*Joho J. Carrol (约翰·卡若), 1958 年生, 加拿大阿尔伯达省注册工程师; 1990 年毕业于加拿大阿尔伯达大学化学工程系, 获博士学位; 目前为加拿大阿尔伯达省卡尔加里市加拿大气液公司模拟部主任, 主要研究方向为天然气加工处理及天然气水化物处理方法, 在世界各地多种科学研究杂志上发表论文 60 余篇, 参加国际性科学讨论会 30 余次。地址: # 300, 2749 - 39th Avenue NE, Calgary, Alberta, CANADA T1Y 4T8。电话: (403) 250 - 2950。传真: (403) 291 - 9730。

(LPG) 也可能形成水合物。

关联 $L_A + L_N + H$ 区域水合物实验数据比关联 $V + L_A + H$ 要难得多。第一个问题是数据可靠性较低,第二是实验数据点变化较大(dp/dT 非常大)。由于这些原因,对这些实验点应用一个较简单的方程来关联:

$$p = E + FT \tag{2}$$

式中: p 的单位是 MPa, T 的单位是 K。笔者研究的有关物质的系数列表 2 中。硫化氢的系数取自 Carroll 和 Mather(1991),其他值的确定是本研究的一部分。遗憾的是有关丙烷的数据较少,因此未得到较好的关联式。

表 2 方程 2 中的相关系数

组分	E	F
C_2H_6	- 1 831.10	6.370
iC_4H_{10}	- 9 218.60	33.478
CO_2	- 2 604.71	9.226
H_2S	- 3 352.515	11.083

表 3 一些普通天然气组分的物性和水合物形成条件

组分	水合物结构	摩尔质量 (g/mol)	0 时水合物压力 (MPa)	正常沸点 (K)	偏心因子 (无因次)	溶解度(摩尔 分数 10000)
CH_4		16.043	2.603	111.6	0.011	0.460 5
C_2H_6		30.070	0.491	184.6	0.099	0.800 5
C_3H_8		44.094	0.173	231.1	0.153	0.739 4
iC_4H_{10}		58.124	0.113	261.4	0.183	0.313 5
CO_2		44.010	1.208	-	0.239	13.78
N_2		28.013	16.220	77.4	0.039	0.191 4
H_2S		34.080	0.099	213.5	0.081	38.07

注:溶解度系指 0 大气压下水中的溶解度; CO_2 无正常沸点,大气压下直接升华。

确定出 0 时水合物的压力,此数值也列在表 3 中。此值越小,越容易形成水合物。另外,在此温度下,气体、液态水和所有组分的水合物间处于平衡。

有趣的是,接近一半的组分形成的水合物是型,其余的是型。给出一系列的图表明了基础关联式和原始实验数据。由于数据点较多,图中未区分数据的来源。另外,为了使曲线能较好地在四相点处相交,对根据关联式作出的曲线进行了轻微的调整。

1. 甲烷

图 1 给出了甲烷水合物的原始数据和关联式。在此图上,水合物形成的区域位于高压低温区域。另外,实验点向高压延伸,但是对多数石油工程问

四 相 点

$V + L_A + H$ 与 $L_A + L_N + H$ 曲线相交,交点是四相点,此点 $V + L_A + L_N + H$ 四相平衡共存。对于二元体系,这在压力—温度平面上是一个固定点,与纯组分的三相点相似。

由于关联时存在偏差,特别是 $L_A + L_N + H$ 实验点,运用以前建立的方程关联得到的曲线未能刚好在四相点相交。另外,在水合物形成的状态下,既不存在富含甲烷的液相也不存在富含氮气的液相。因此,甲烷和氮气并不表现出四相点。

水合物实验数据讨论

表 3 给出了笔者所研究的组分的一些物性参数。表中包括各组分形成的水合物的结构,一些简单的物性以及 0 大气压下水中的溶解度。物性参数摘自 Reid 等(1987),溶解度摘自 Wilhelm 等(1977)。

为了估计组分形成水合物的趋势,根据关联式

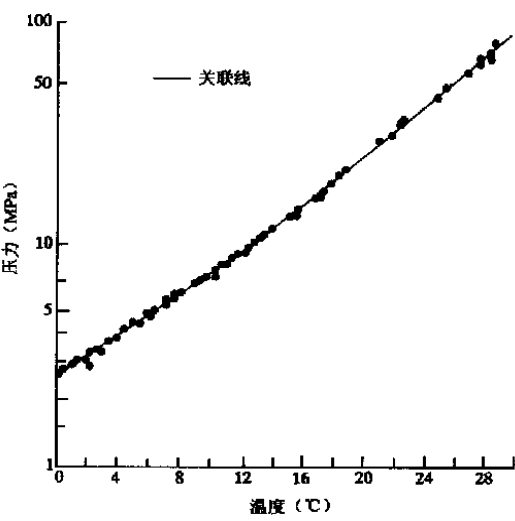


图 1 甲烷的水合物实验数据点

题,100 MPa 已足够。这一图形大体上表明关联式与实验数据拟合较好,仅有个别点偏离关联曲线。

2. 乙 烷

乙烷水合物的实验数据点绘在图 2 中。不像甲烷水合物,乙烷水合物明显分成两部分。 $V + L_A + H$ 实验点随压力的增加而上升。 $L_A + L_N + H$ 实验点也随压力而上升,但非常陡。从此图看起来,关联曲线与实验数据拟合较好。

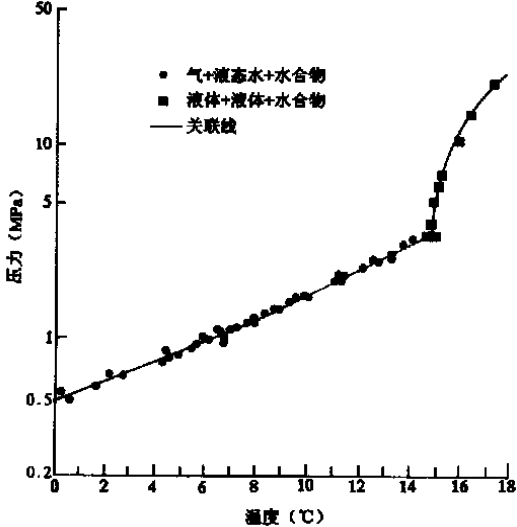


图 2 乙烷的水合物实验数据点

3. 丙 烷

丙烷水合物的实验点如图 3 所示。有点令人惊奇,对于相对简单而重要的物质如丙烷的水合物实验数据太差。 $L_A + L_N + V$ 实验点特别少,较分散。因此没能得到数学关联式。此图上的曲线是从四相点延伸得到的简单直线。根据上述情况,在压力达到 20 MPa 时,若温度高于约 6 °C,则不存在丙烷水

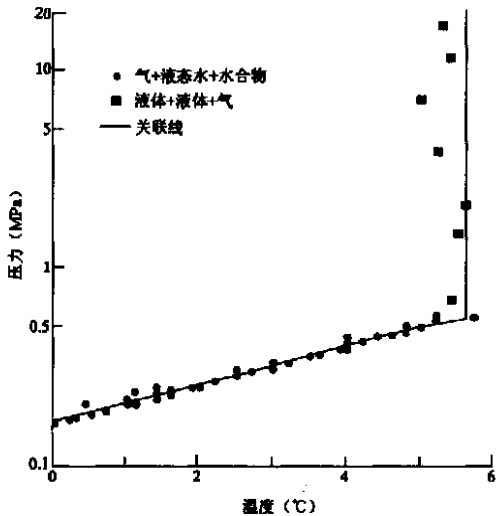


图 3 丙烷的水合物实验数据点

合物。

4. 异丁烷

异丁烷能形成水合物的温度范围非常窄,如图 4 所示,此图给出了异丁烷水合物的实验数据点,数据点温度在 0 ~ 2.5 °C,压力低于 6 MPa。另一方面,异丁烷又能在非常低的压力下形成水合物。同乙烷和丙烷一样,异丁烷的 $L_A + L_N + H$ 实验点也很陡。

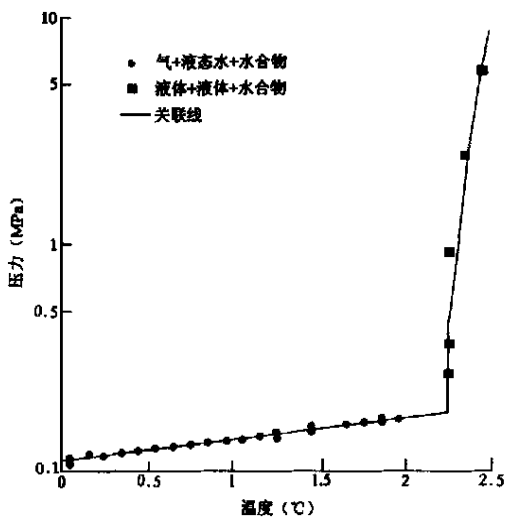


图 4 异丁烷的水合物实验数据点

5. 二氧化碳

图 5 给出了二氧化碳水合物的实验点,看起来与乙烷的非常类似。关联曲线与实验数据拟合较好,除了几个 $V + L_A + H$ 实验数据超出了四相点。这些点代表亚稳平衡状态。

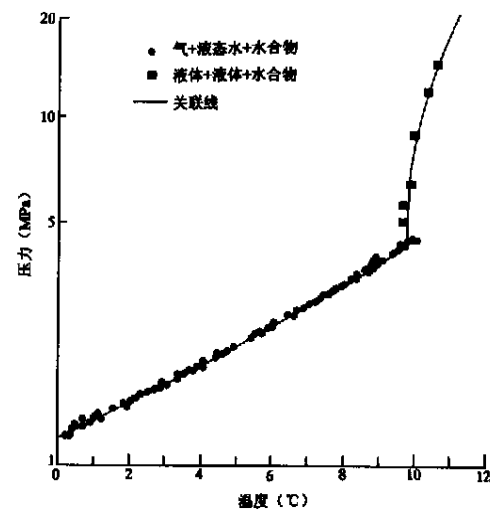


图 5 CO₂ 的水合物实验数据点

6. 氮 气

最后图 6 给出了氮气水合物的实验点。与甲烷

相似,氮气没有 $V + L_A + L_N + H$ 四相点。

本研究中所研究的组分,氮气形成水合物的可能性最小。形成氮气水合物需要的压力非常高,甚至比甲烷的还要高得多。在 0 时,氮气水合物的压力比甲烷的要高 6 倍。

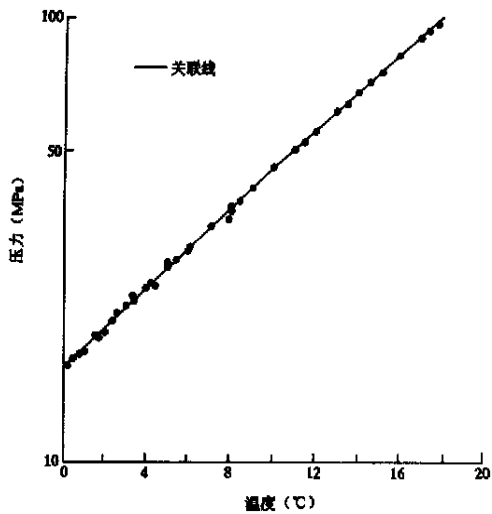


图 6 N₂ 的水合物实验数据点

7. 硫化氢

Carroll 和 Mather(1991)更完全的讨论了硫化氢 + 水体系中的水合物。

关 联 式

前述建立的关系式本身是有用的,有趣的是基于上述关系式能进一步得出什么观察结果。本节将讨论水合物形成条件与水合物形成剂物性的函数关系。

1. 摩尔质量

在天然气工业中,通常根据气体的相对密度来估计水合物形成的条件。图 7 表示 0 时水合物压力与摩尔质量的关系。如果考虑所有组分,则是一个弱递减函数。若仅考虑烃组分,则关联性非常强。对所有 7 个点,这两个量之间的相关系数是 0.135 8,然而对于烃类则为 0.721 4。另一方面,对这些量的对数,相关系数 r 是 0.347 5,对烃类组分则为 0.993 3。这表明 0 时摩尔质量的对数与水合物压力对数之间有着非常强的关联性。

虽然拟合效果非常好,但留有一个问题尚未回答。那就是为什么异丁烷和正丁烷具有相同的摩尔质量,但异丁烷能形成水合物,而正丁烷却不能呢?出现这个问题的原因不在于摩尔质量这个简单的参数,而在于分子形状:正丁烷是线性分子,分子太大

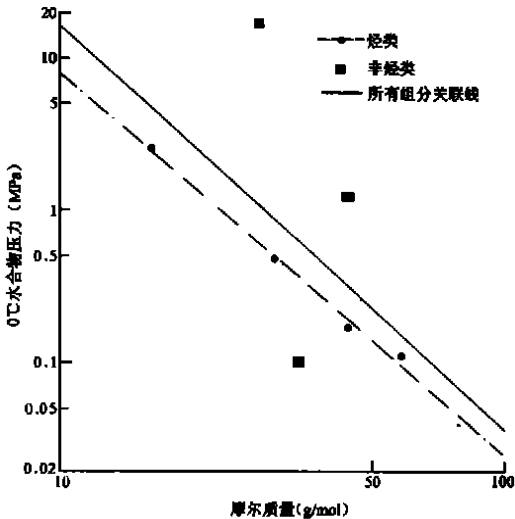


图 7 0 时水合物压力与水合物生成剂的摩尔质量间的关系

不能形成稳定的水合物。

2. 沸点

既然 0 时摩尔质量与水合物压力具有很好的相关性,那么也许纯组分的一些其他物性可能与水合物压力之间具有更好的相关性。其中一个这样的物性就是沸点,这将在本节讨论,另一个是偏心因子,将在下节讨论。

图 8 表示 0 时水合物的压力与纯水合物形成剂的正常沸点之间的关系。对烃类组分和氮气,水合物压力对数与沸点对数之间的相关系数是 0.994 8。硫化氢稍微偏离其他组分的关联曲线。

值得注意的是,二氧化碳没有正常沸点,因为在大气压下,它直接升华(从固态直接变成气态)。

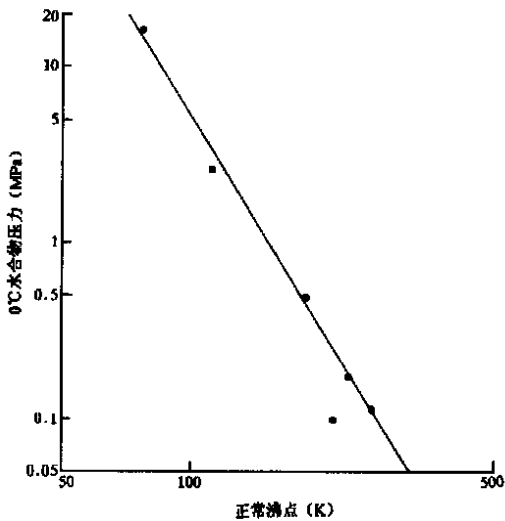


图 8 0 时水合物压力与水合物生成剂的正常沸点间的关系

3. 偏心因子

偏心因子是反映分子特性的另一个参数。图 9 表示出 0 时水合物压力与偏心因子的关系。不像其他图形,此图横坐标有一线性轴。

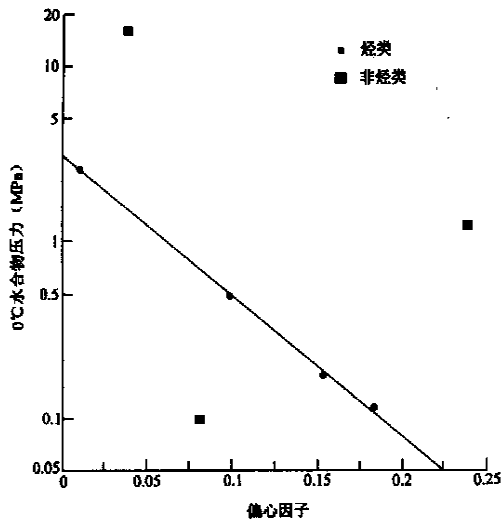


图 9 0 时水合物压力与水合物生成剂的偏心因子间的关系

水合物压力对数与偏心因子(不是偏心因子对数)的相关系数是 0.998 5,再一次显示出较高的相关性。非烃类也遵循这一趋势,但不像烃类那样接近关联曲线。

4. 溶解度

众所周知,高溶解性化合物不形成水合物。气体如氨和氯化氢都不能形成水合物。这就引出这样一个问题,水合物的形成与在水中的溶解度之间是否相关呢?图 10 表示 0 时水合物形成压力与水

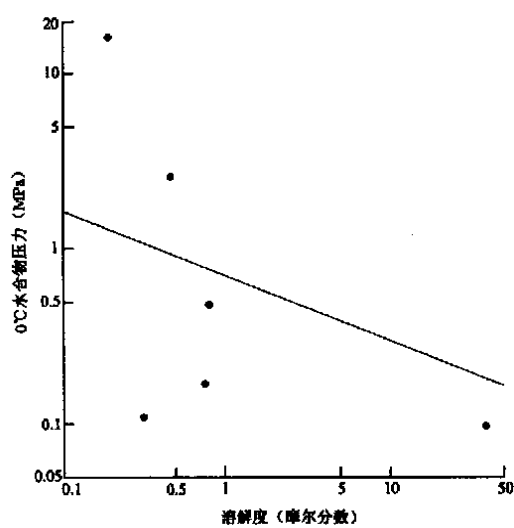


图 10 0 大气压时水合物压力与水合物生成剂的水溶解度间的关系

中溶解度的关系。此图清楚地表明这两个量之间不存在函数关系。即使仅考虑烃类组分,仍然未表现出相关性。

生 成 焓

根据热力学原理,可能估算存在蒸汽和液态水时水合物晶体的生成焓。Sloan(1998)给出了如下的方程:

$$\frac{d \ln p}{d(1/T)} = - \frac{H}{zR}$$
 (3)

其中: 是 水合物的生成焓, z 是给定条件下气体的偏差系数, R 是通用气体常数。方程中假设液体和水合物的摩尔体积与气体相比很小。上面的表达式可根据前面建立的关联式推导得到。为了方便,此方程重新整理如下:

$$H = zRT^2 \frac{d \ln p}{dT}$$
 (4)

根据此方程可直接计算生成热。

理论上,对于 L_A + L_N + H 平衡,这样做是可能的,但这需要较高精度的密度值,而此值通常难以得到。

要估算焓,必须精确计算气体的偏差系数。为此本研究将运用 AQUAlibrium 软件包。

计算结果总结在表 4 中。生成焓有两个近似值 60 kJ/mol 和 130 kJ/mol。一个值接近于另一个值的两倍。首先,看起来似乎是 型水合物形成剂具有较低生成焓值,而 型水合物则较高。这看起来是符合逻辑的,因为生成焓可能较大地取决于水分子的结构。

表 4 几种水合物的生成焓

组分	水合物结构	0 时斜率 (1/ K)	0 时 z (无因次)	生成焓 (kJ/ mol)
CH ₄		0.094 6	0.946 5	55.5
C ₂ H ₆		0.106 9	0.946 3	62.8
C ₃ H ₈		0.216 1	0.966 0	129.5
iC ₄ H ₁₀		0.220 9	0.964 3	132.1
CO ₂		0.111 4	0.907 2	62.7
N ₂		0.106 0	0.984 4	64.7
H ₂ S		0.100 9	0.990 3	62.0

但是,这一总体规则并不总是与实际相符。氮气是 型水合物生成剂,却具有较低的生成焓值。明显地有另一个影响生成焓的因素对氮气水合物的影响比对本研究中所研究的其它 7 种物质的水合物的影响更强。

新型管柱式气液旋流分离器^{*}

曹学文^{*,*} 林宗虎(中国工程院院士) 黄庆宣 寇杰
(西安交通大学) (石油大学·山东)

曹学文等. 新型管柱式气液旋流分离器. 天然气工业, 2002; 22(2): 71~75

摘 要 管柱式旋流分离器是一种带有倾斜切向入口及气体、液体出口的垂直管。它依靠旋流离心力实现气、液分离, 与传统容器式分离器相比, 具有结构紧凑、重量轻、投资节省等优点, 是替代传统容器式分离器的新型分离装置。在气液两相旋流分析的基础上, 建立了预测分离性能的机理模型, 该模型包括了入口分离模型、漩涡模型、气泡及液滴轨迹模型; 依据机理模型, 提出了管柱式旋流分离器工艺设计技术指标和工艺设计步骤; 计算示例显示分离机理模型是合理的, 适于工程设计。

主题词 管柱 旋流分离器 气体 液体 两相流动 分离 机理 模型 设计

管柱式旋流分离器(Gas-Liquid Cylindrical Cyclone 简写 GLCC)是一种新型分离装置(见图 1)。它既没有可移动部件, 也无需内部装置。气液混合物由切向入口进入旋流分离器后形成的旋流产生了比重力高出许多倍的离心力, 由于气液相密度不同, 所受离心力差别很大, 重力、离心力和浮力联合作用将气体和液体分离。液体沿径向被推向外侧, 并向下由液体出口排出; 而气体则运动到中心, 并向上由气体出口排出。这一成本低、重量轻的新型分离器在替代传统容器式分离器方面具有很大的吸引力。在油和气的流量分别为 $16\,000\text{ m}^3/\text{d}$ 和 $1\,980\text{ Mm}^3/\text{d}$, 分离压力为 680 kPa 的分离工况下, 若分别采用管柱式旋流分离器、传统容器型立式和卧式分离器, 模拟计算表明管柱式旋流分离器结构尺寸为 1.5 m

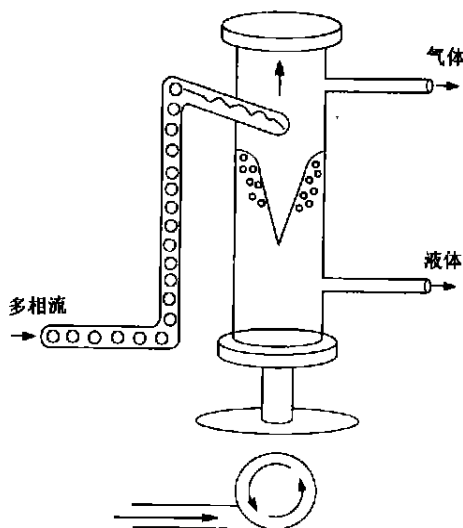


图 1 GLCC 结构

结 论

笔者在此简要回顾了形成水合物的有关实验数据。并将这些数据进行关联而得到了经验关联式。

进一步证明了形成水合物的趋势与水合物生成剂的大小紧密相关。这一点对烃类尤其正确。这一观察结果看起来并没有对为何正丁烷在没有其他水合物生成剂存在时不形成水合物提供任何更进一步的解释。遗憾的是, 没有找到一个参数来关联所有

组分, 包括烃类和非烃类。

最后, 估算了各种水合物生成焓。除了氮气外, 型水合物的生成焓接近 60 kJ/mol , 型水合物约为 130 kJ/mol 。但是, 型水合物生成剂氮气的生成焓更接近 型水合物的值。

吴滢女士积极为本文在中国杂志上发表而努力, 西南石油学院杜建芬博士翻译了此文, 李士伦教授校阅了此文。在此一并致谢。参考文献略。

(收稿日期 2001-10-10 编辑 居维清)

^{*} 本文内容属于国家自然科学基金重点项目(59995460)部分成果。

^{**} 曹学文, 1966 年生, 副教授; 1989 年毕业于石油大学, 获硕士学位; 现为西安交通大学博士生, 从事油气水多相流理论及工程应用研究。地址: (257061) 山东省东营市石油大学储运工程系。电话: (0546) 8393461。

and there are many fracture systems in the same structure and/or the same gas reservoir. These fracture systems are independent or disconnected from each other so that it is difficult to form a large-sized integral gas field. Owing to the fact that the periods of gas-wells' being put into production are different, a progressive exploration and development scheme had to be adopted, which causes great difficulty for gas reservoir development because the productivity establishment is dependent upon the reserves and deliverability of the gas reservoir. Therefore it is the key of developing gas reservoir economically and effectively to make a thorough investigation of the reserves and deliverability of the gas reservoir before the production test and productivity establishment of the gas reservoir. For this reason, the calculation methods of the reserves and deliverability of the gas reservoir were studied by the authors. Most of the existing methods, however, are localized to be used for the gas reservoir development in medium and late stages, and only a few results involve the researches on calculating the reserves of gas reservoir and evaluating the deliverability of gas well simply in terms of pressure buildup test data. Through studying the methods of calculating the reserves and deliverability by use of the pressure buildup test data, the authors propose the logarithmic difference method of forecasting early gas reservoir reserves used for calculating the reserves and deliverability of the fractured water-carrying gas reservoirs in South Sichuan and the way of determining the openflow capacities of gas wells in this region. These methods are widely applied to the gas fields in South Sichuan with obvious effectiveness.

SUBJECT HEADINGS: Pressure buildup analysis, Fractured reservoir, Bottom water reservoir, Productivity, Sichuan Basin, South

Mao Chuanqin (engineer), born in 1969, graduated in reservoir engineering at the Southwest Petroleum Institute. He has been engaged in the research on gas reservoir engineering for a long time, won provincial, ministerial and administration's scientific and technological progress prizes for several times and published more than ten articles. Add: Research Institute of South Sichuan Gas Field, Luzhou, Sichuan (646001), China Tel: (0830) 3921570

MEASUREMENT OF GAS DEVIATION FACTOR

Liu Jianyi, Li Shilun, Guo Ping, Zou Zhen, Zhao Xiaofeng and Du Jianfen (Southwest Petroleum Institute). *NATURAL GAS IND.* v. 22, no. 2, pp. 63 ~ 65, 3/25/2002. (ISSN1000 - 0976; **In Chinese**)

ABSTRACT: Gas deviation factor is a very important basic datum in both gas field development and condensate field development and it is mainly used for reservoir reserve estimation, reservoir engineering, gas production engineering and surface construction engineering. The measurement of gas deviation factor has been highly thought of more and more in recent years, its measuring standard, however, has not been established yet in China at present. In the paper, in light of the characteristics of dry gas, wet gas and condensate gas, the laboratorial measurement methods of deviation factors of these gases by use of PVT analyzer are given out respectively; and the difference between the laboratorial measurement methods of the condensate gas deviation factors at over and under dewpoint pressures is considered and their laboratorial procedures are given out meantime. The deviation factors of natural gas collected from several gas fields and condensate gas fields in China were measured by use of the methods mentioned above. Through comparing the results with those predicted by four commonly adopted methods, it is shown that the measuring method used for dry gas is more accurate with errors of $< 1\%$ and the one for condensate gas is of large errors of $< 7.02\%$, average relative errors being $1.61\% \sim 1.98\%$, maximum relative errors $6.67\% \sim 7.02\%$ and minimum relative errors $-0.04\% \sim 0.2\%$, which indicates that these methods are effective.

SUBJECT HEADINGS: Natural gas, Deviation factor, Laboratory test, Determination, Standard, Natural gas reservoir, Condensate reservoir

Liu Jianyi's introduction: See v. 21, no. 5, 2001. Add: Nanchong, Sichuan (637001), China Tel: (0817) 2643081

RELATIONAL EXPRESSIONS OF THE CONDITIONS FORMING HYDRATES OF VARIOUS COMPONENTS IN NATURAL GAS

Joho J. Carrol (Gas Liquid Engineering Ltd., Canada) and Du Jianfen (Southwest Petroleum Institute). *NATURAL GAS IND.* v. 22, no. 2, pp. 66 ~ 71, 3/25/2002. (ISSN1000 - 0976; **In Chinese**)

ABSTRACT: In oil and gas industry, the hydrates are of great harmfulness as plugging up pipeline and damaging equipment, etc. They could be even formed in oil and gas reservoirs in colder regions, which brings on much larger difficulty in developing these resources. On the basis of the relevant experimental data on seven components found in natural gas commonly, some experiential equations of calculating the conditions forming hy-

drates of these components through relating these data. In light of the research results it is shown that the formation of various hydrocarbon component hydrates is correlated to molal weight and to normal boiling point. Such a conclusion is suitable for both hydrocarbons and non-hydrocarbons. Finally, in combination with the classical thermodynamics, the enthalpies of generating hydrates have been predicted by use of these relational expressions. The enthalpies of type - hydrates are about 60 kJ/mol and those of type - hydrates 130 kJ/mol. However, nitrogen is an exception. Although its hydrate belongs in type - , its generating enthalpy is much nearer to the type - hydrates.

SUBJECT HEADINGS: Natural gas, Hydrate, Forming, Condition, Hydrocarbon, Quality, Boiling point

Joho J. Carrol (registered engineer), born in 1958, graduated in chemical engineering at the Alberta University, Canada and received his Doctor degree in 1990. Now he is the director of the Department of Simulation of the Gas Liquid Engineering Ltd., Alberta, Canada, and is mainly engaged in the research on natural gas processing and gas hydrate treatment. He published more than sixty articles in domestic and foreign periodicals and attended international scientific conferences for over thirty times. Add: # 300, 2749 - 39th Avenue NE, Calgary, Alberta, Canada T1Y4T8 Tel: (403) 250 - 2950

.....

NOVEL GAS-LIQUID CYLINDRICAL CYCLONE

Cao Xuewen and Lin Zonghu <an academican of the China Engineering Academy> (Xi'an Jiaotong University) and Huang Qinxuan and Kou Jie (University of Petroleum, Shandong). *NATURAL GAS IND.* v. 22, no. 2, pp. 71 ~ 75, 3/25/2002. (ISSN1000 - 0976; **In Chinese**)

ABSTRACT: Gas-liquid cylindrical cyclone (GLCC) is a perpendicular pipe with a tilted tangential inlet and gas and liquid outlets and the separation of gas from liquid may be realized by it through cyclone centrifugal force. As compared with the traditional container—like separators, the GLCC has many advantages as well-knitted structure, a little weight and economizing on investment, etc., thus being a novel device instead of the traditional separators. On the basis of analyzing two-phase swirling flow, the mechanism models including an inlet separating model, a vortex model and the trajectory models of bubbles and droplets were established for predicting gas-liquid separation behaviour. According to the mechanism models, the technical

criteria and procedure of technological design are proposed in the paper. Through example calculation it is shown that the mechanism models are reasonable and suitable for engineering design.

SUBJECT HEADINGS: Pipe string, Cyclone separator, Gas, Liquid, Two phase flow, Separation, Mechanism, Model, Design

Cao Xuewen (associate professor), born in 1966, graduated from the University of Petroleum and received his Master's degree in 1989. Now he is a postgraduate studying for his Doctor's degree in the Xi'an Jiaotong University and is engaged in the research on the theory and engineering application of multiphase (oil, gas and water) flow. Add: Dongying, Shandong (257061), China Tel: (0546) 8393461

.....

NATURAL GAS RESOURCES IN XIHU DEPRESSION OF EAST CHINA SEA IN CHINA AND THEIR DEVELOPMENT AND UTILIZATION

Peng Weixin (Research Institute of Planning and Design, Shanghai Offshore Oil Bureau). *NATURAL GAS IND.* v. 22, no. 2, pp. 76 ~ 78, 3/25/2002. (ISSN1000 - 0976; **In Chinese**)

ABSTRACT: Through prospecting and drilling in the East China Sea continental shelf basin for twenty-eight years by the Shanghai Offshore Oil Bureau, eight oil and/or gas fields and four oil- and/or gas-bearing structures have been found in Xihu Depression, in which the Pinghu gas field has been successfully developed. Offshore natural gas has been transported to Shanghai and after it has been widely utilized in Pudong region, the gas pipeline has been already entered into Puxi region across the Huangpu River. The offshore oil and gas exploration results of East China Sea in China and the circumstances of utilizing the natural gas produced from the Pinghu gas field as a fuel in Shanghai are introduced in the paper. On the basis of the prospects for developing the offshore natural gas in East China Sea, it is pointed out finally that after 3 - stage development, the yearly natural gas production in Xihu Depression will be up to $8 \times 10^9 \sim 10 \times 10^9 \text{ m}^3$ by 2010, thus becoming an important supplement to the west-to-east natural gas transmission.

SUBJECT HEADINGS: China, East China Sea, Xihu Depression, Oil and gas resource, Development, Natural gas utilization

Peng Weixin (senior engineer), born in 1954, graduated in marine geology at the Shandong College of Oceanics in 1977. He has been engaged in the research on the oil and gas geology of