

钻进过程中天然气水合物的分解抑制和诱发分解

蒋国盛, 宁伏龙, 黎忠文, 张 凌, 向先超, 奚 斌

(中国地质大学, 武汉 430074)

[摘 要] 讨论了在天然气水合物钻进过程中, 抑制和诱发孔底出露水合物分解的途径、方法和原理, 并介绍了一个诱发水合物分解的钻进过程。

[关键词] 天然气水合物 抑制 诱发

[中图分类号] P634.8 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2001)06-0086-02

在钻进天然气水合物层时, 由于钻头切削水合物的过程中会产生大量的热能, 同时其它孔(井)底钻具与孔壁和岩心的摩擦也会产生热能, 所以孔(井)底温度升高。当温度大于水合物稳定的临界值时水合物分解, 结果, 气体就进入用来清除岩屑和润滑钻头的泥浆中, 与泥浆一起循环, 使泥浆密度降低, 导致孔(井)底静水压力降低, 加速了水合物的分解, 并表现为恶性循环, 最终导致孔底大量水合物分解, 孔(井)径严重扩大、井喷、井塌、套管变形和地面沉降等事故。目前, 在钻进过程中抑制水合物分解的方法主要有: 压力控制法、压力/温度控制法和化学稳定法。

与分解抑制相反的钻进过程是诱发水合物的分解, 这主要是为了获得水合物的气体样品和水合物开采的目的。

1 压力控制法

在钻进深孔(井)时, 增加泥浆密度提高孔底静水压力可以临时性抑制水合物的分解, 同时可防止井喷。阿拉斯加北极地区东南边缘的永冻土层 D-2 井钻进过程中, 在垂直深度 700 m 和 975 m 处发现了水合物, 在钻进水合物地层时, 采用 $10 \text{ kg/m}^3 \sim 10.5 \text{ kg/m}^3$ 泥浆达到了抑制水合物分解的目的, 同时采用了降低泥浆循环速度和孔底马达钻进的工艺措施。

另外, 在起下钻、换钻头、测井时则需增加泥浆浓度, 抑制水合物的分解以便于防止井喷发生。

但是由于较小的温度变化需要较高的压力来维持水合物的稳定, 所以泥浆密度抑制水合物分解的能力是有限的。另外, 泥浆密度增加, 则泥浆漏失、失水加剧, 并有大量气体进入地层, 影响泥浆的性能。因此, 必须增加较多的套管柱, 提高了钻进成本。

2 温度/压力控制法

基于上述原因, 在钻进水合物地层时, 为了在一定范围内(主要指泥浆循环速度和钻机转速)内有效地抑制水合物的分解, 在增加泥浆密度的同时, 将泥浆冷却到尽可能低的温度。泥浆的冷却通过地面泥浆池中的热交换器实现, 另外采用孔底马达也有助于保持低的泥浆温度。

3 化学稳定法

上述两种控制办法对水合物分解的抑制作用是有限的, 有时在某些地区、某些弱地层下泥浆密度过大会造成严重的负面影响, 如泥浆漏失、失水加剧和大量气体进入地层等。因此, 国外专家通过一系列的实验之后, 发现了在泥浆中加入一定量的化学试剂(包括卵磷脂、多聚物或 PVP), 通过吸附作用, 试剂吸附于出露水合物表面, 从而减缓水合物的分解速度, 并可水合已分解出的自由水和气体, 迅速形成水合物, 控制气体扩散。其中卵磷脂试剂在阿拉斯加北极地区东南边缘的永冻土层 K-13 等井的使用获得成功。

卵磷脂是由含 2 个脂肪酸分子组成的甘油酯。卵磷脂的第三个碳原子与磷酸脂化, 结果磷酸被脂连到氮基上。卵磷脂是蜡质的无色固体, 暴露于空气和光中, 其先变为黄色, 而后又变成棕色, 它具有较强的吸湿性且在非常低的温度下形成结晶体。卵磷脂被广泛应用于食品工业中并对环境无害。

当水合物层在钻孔附近融化时, 它将转化成水(85%)和压缩的、自由的不容性气体, 气体直到其饱和度超过临界值才开始运动。在卵磷脂抑制水合物分解的作用机理方面, 表面吸附起关键作用。另外, 卵磷脂分子可形成不同类型的聚合物(主要取决于卵磷脂的浓度和介质的成分), 在水合物没有融化, 卵磷

[收稿日期] 2001-02-05; [责任编辑] 王 玉。

[基金项目] 中国地质调查局地质调查项目“天然气水合物的钻探取样技术方案研究”资助。

脂分子将吸附在水合物表面,变成多层聚合物,捕捉其中憎水和亲水部分。在水合物融化的开始阶段,自由水可以跑出水合物表面,但吸附在其表面的卵磷脂接下来则通过溶解释放出的烃和水相而扩展成为多层结构。这种结构将减少水相和气相流动的空隙,并封堵空隙,使空隙中的液体溶解度和粘度增加,从而减少气相的扩散,即自由气体减少。在使用卵磷脂化学剂的条件下,尽管阿拉斯加北极地区东南边缘的永冻土层 K-11 井的钻进泥浆密度只有 9.8 kg/m^3 ,但水合物的分解仍然得到了很好的抑制。

4 水合物分解的诱发

采用低密度泥浆,诱发水合物的分解(这种分解是被控制的,例如在起下钻、换钻头、测井时则需增加泥浆浓度,抑制水合物的分解),在气体进入泥浆后,随泥浆循环到地面并被分离出来。该方法的可行性取决于在泥浆循环过程中形成水合物可能性、泥浆循环速度、泥浆温度、发生井喷和井涌的可行性、孔(井)底水合物分解的可控制程度、地层特性等。

下面介绍的是在含有水合物的地层钻进的方法,它被认为是使钻进通过含有水合物地层的简便方法。该方法对水合物钻进和开发有一定的参考价值。

如图 1,孔身的上部由套管护壁。旋转分离器为橡胶压盖密封装置,位于钻机转盘下方。泥浆从泥浆池中泵出,经钻杆内腔向孔内注入,并按箭头流至孔底,经过钻头并冷却之,再沿箭头上返。上返的泥浆经过孔口处的旋转分离器和管道进入除气器。泥浆和由水合物分解出的气体混合物在除气器中进行分离,分离出的气体通过出口管路排出,除气后的泥浆通过出口管路排到泥浆池中。如果需要,泥浆可在泥浆池中通过热交换器进行冷却。

通过泥浆温度的测定,可推算孔底压力、温度和水合物已融化区域的直径,并作为调整泥浆密度等

参数的依据,上述推算可通过计算机程序来实现。

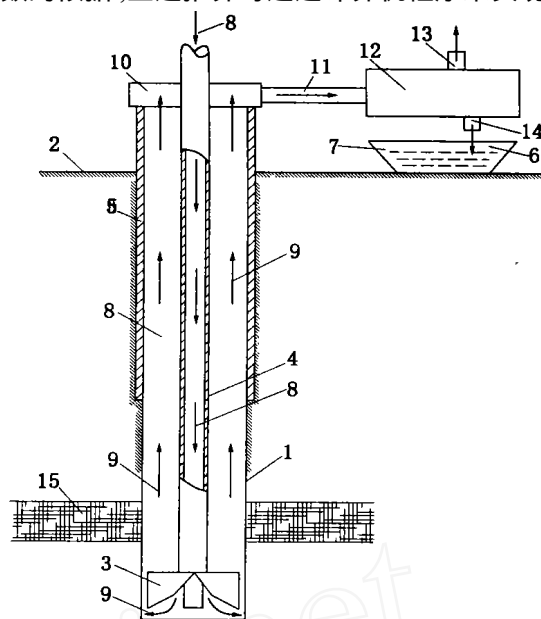


图 1 水合物钻进过程简图

1—孔身;2—地面;3—钻头;4—钻杆;5—套管;6—泥浆;7—泥浆池;8—泵送泥浆;9—上返泥浆;10—旋转分离器;11—管道;12—除气器;13—气体出口;14—泥浆出口;15—水合物地层

另外,还可通过监测从泥浆中分离出来的气体的流动速度来调整泥浆的密度。

该方法用低密度泥浆促进水合物的分解,含气泥浆通过地面的除气器进行分离。当需要提升钻杆时,泵入高密度泥浆。

[参考文献]

- [1] Kamath V A, Patil S L. Description of Alaskan gas hydrate research and current field technology [M]. studies by University of Alaska Fairbanks, 1994.
- [2] Katz D L. Depths to which frozen gas fields (gas hydrates) may be expected [J]. JPT, 1971, 23: 429 ~ 423.
- [3] Handa Y P. Effect of hydrostatic pressure and salinity on the stability of gas hydrates [J]. J. Phys. Chem. 1980, 94: 2652 ~ 2657.
- [4] Barker J W, Gomez R K. Formation of hydrates during Deepwater Drilling Operation [J]. JPT, 1989: 297 ~ 301.

INHIBITION AND INDUCTION DECOMPOSITION OF GAS HYDRATES ON DRILLING PROCEDURE

JIANG Guo - sheng, NING Fu - long, LI Zhong - wen, ZHANG Ling, XIANG Xian - chao, DOU Bin

Abstract: This paper discusses inhibition and induction decomposition of gas hydrates, and introduces a foreign achieve of drilling procedure of induction decomposition.

Key words: gas hydrate, inhibition, induction



[第一作者简介]

蒋国盛(1965年-),男,副教授,1995年毕业于中国地质大学,获博士学位,现主要从事地质工程教学和科研工作。

通讯地址:湖北省武汉市 中国地质大学工程学院 邮政编码:430074