

利用双井筒大水平距对接井钻井技术 热力开采天然气水合物

汤凤林¹, 蒋国盛¹, K. E. Басниев², В. В. Кульчицкий², 吴翔¹, 宁伏龙¹, 张凌¹

(1. 中国地质大学(武汉)工程学院, 湖北 武汉 430074; 2. 俄罗斯古勃金国立石油天然气大学, 俄罗斯 莫斯科 119991)

摘要:分析了国内外天然气水合物的研究现状及天然气水合物开采中的问题,在此基础上,介绍了俄罗斯提出的运用双井筒大水平距定向对接智能井钻井技术,利用核废料产生的热量开采天然气水合物的具有专利技术的一种新方法,简述了其开采原理及开采过程,可为我国天然气水合物的开采研究提供参考借鉴。

关键词:天然气水合物;开采;核废料;安全;双井筒;大水平距;对接井;钻井技术

中图分类号:P634.7 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2010)03-0001-04

Thermal Exploitation of Gas Hydrate Using Double Vertical Wells Drilling Technology with Long Horizontal Displacement/TANG Feng-lin¹, JIANG Guo-sheng¹, K. E. BASNIEV², B. B. CHLCHICKY², WU Xiang¹, NING Fu-long¹, ZHANG Ling¹ (1. Faculty of Engineering, China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China; 2. Russian Gubkin State University of Oil and Gas, Moscow 119991, Russia)

Abstract: Gas hydrate was discovered in northern South China Sea by drilling in 2007; and in September of 2009, it was discovered in frozen earth zone of south margin of Qilian Mountain in Tianjun county Qinghai Province. This discovery will play an important role for adjusting energy resources structure and alleviating the energy resource shortage of China. But the exploitation of the gas hydrate and its security are serious problems that are generally interested by the specialists in the world. In this paper, the Russian professors proposed new thermal exploitation technology of gas hydrate using double vertical wells drilling with long horizontal displacement and with heat produced by radioactive (nuclear) waste materials is introduced. This is a patent technology which can be referenced for the study on the exploitation of gas hydrate in China.

Key words: gas hydrate; exploitation; nuclear wastes; safety; double vertical; long horizontal displacement; directional butted wells; drilling technology

0 引言

我国 2007 年在南海北部发现了天然气水合物, 2009 年 9 月又在祁连山南缘青海省天峻县永久冻土带中打出了天然气水合物。消息传来, 令人振奋, 深受鼓舞。无疑, 这将对我国能源结构的调整和能源紧张的缓解起非常重要的作用。但是, 天然气水合物的开采及其安全问题是国际大专家普遍关心的一个问题。本文介绍了俄罗斯提出的运用双井筒大水平距定向对接智能井钻井技术, 利用核废料产生的热量开采天然气水合物的一种新方法, 这是一项发明专利技术, 供同行们参考。

1 概述

我国人口众多, 资源有限, 人均资源量紧张。随着国民经济的发展和人民生活水平的提高, 供需矛

盾将更加突出。根据有关单位资料, 我国 2000 年石油产量为 1.65 亿 t/年, 需求量为 2 亿 t/年。到 2020 年石油产量约为 1.85 亿 t/年, 需求量为 4 亿 t/年, 80% 要靠进口。天然气消耗量缺口也很大。2005 年最大缺口为 70 亿 m³, 2010 年为 280 亿 m³, 2015 年为 600 亿 m³ (最终储量为 1000 亿 m³, 最高需求量为 1600 亿 m³), 需要大量进口。因此, 为了保证国民经济的持续发展和人民生活水平的进一步提高, 必须积极寻找新能源。

天然气水合物(又称可燃冰)是一种储量巨大、很有发展潜力的新型替代能源, 世界各国都在对其进行积极研究和开发。其特点有三: 一是密度高, 1 个体积水合物可以释放 164 个体积的天然气; 二是储量大, 据目前一些专家的估计, 全世界天然气水合物的蕴藏量约为 5 × 10¹⁸ m³, 相当于目前世界年能

收稿日期: 2010-01-07

项目基金: 2008-2010 年度中俄政府间科技合作项目“天然气水合物钻井安全与取芯控制技术研究”(项目编号: CR12-13)

作者简介: 汤凤林(1933-), 男(汉族), 辽宁义县人, 中国地质大学(武汉)博士生导师、俄罗斯工程院外籍院士、俄罗斯自然科学院外籍院士, 探矿工程专业, 从事钻探(钻井)方面的教学和科研工作, 湖北省武汉鲁磨路 388 号, fttang@cug.edu.cn。

源消耗量的200倍,根据日本资源能源厅的调查,日本南部海沟42000 km²范围内天然气水合物的蕴藏量即为日本年天然气消耗量的1400倍;三是分布广,通常分布于三类地区,一是大陆架斜坡带、洋中脊、海沟和海岭的海底沉积物中,约占全球天然气水合物总量的90%,二是陆地冻土带中,三是高寒地区的油气管道中,天然气水合物会阻塞管道而影响油气输送。

天然气水合物形成的条件为:(1)烃类气体连续补给和水的供应充足,与气体成分、水的相态和成分、温度和压力有关,见图1,资料表明,冻土地区天然气水合物可在100 m左右深度的浅层存在,最大可达1800~2000 m,最常见的深度是700~1000 m,在海水深度为300~5000 m时,可在距海底0~1000 m深处的海底沉积中存在;(2)天然气水合物是在低温(0~10℃)高压(>10 MPa)条件下形成的,破坏了低温高压条件,水合物就会融化分解,形成天然气;(3)有足够的生长空间。

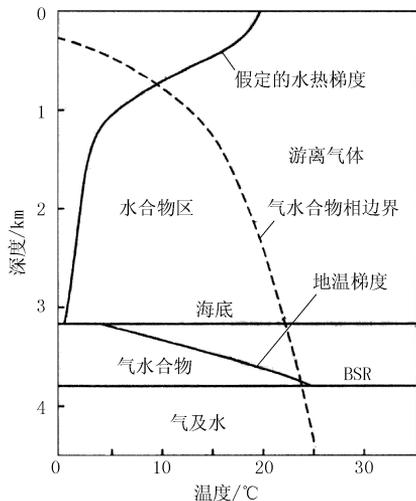


图1 天然气水合物压力(深度)和温度稳定区区间图

2 国内外天然气水合物研究现状

美国、日本、加拿大、挪威、英国等都在对天然气水合物进行研究。

苏联1965年在西伯利亚麦索雅哈气田首先发现了天然气水合物矿藏,开始引起各国科学家的注意。1966年出版了第一本有关著作,对矿产开发提出了设想。1974年在黑海1950 m深处发现了冰状天然气水合物晶体的样品。20世纪80年代以来,先后在里海、贝加尔湖、鄂霍茨克海等地区发现了天然气水合物,并进行了资源预测和评估。2009年夏季,俄罗斯总理弗拉基米尔·普京潜入贝加尔湖水

下1000多米深处观察天然气水合物(可燃冰)的实况。

我国中国工程院院士金庆焕多年进行天然气水合物的研究。刘广志院士非常关心天然气水合物的勘探与开发,在“关于我国逐步开展四大地球科学工程的建议”^[1]中,把“建议勘探、开发我国永冻层—滨海—近海天然气水合物的战略、技术方法、设备的研究工作”列为第三个地球科学工程课题。

经过多年的努力,我国于2007年在南海北部发现了天然气水合物,2009年9月又在祁连山南缘永久冻土带打出了天然气水合物,并取上了样品。这就证明中国在海底沉积和大陆冻土层中都找到了天然气水合物,找到了新的能源,必将对我国的能源结构产生非常重要的影响,对于缓解我国的能源紧张状况发挥巨大作用。

3 天然气水合物的开采问题

天然气水合物的开采是举世关心的问题。刘广志院士指出,直到20世纪40年代末,国内外科学界对天然气水合物的化学成分、物理结构及其生成与赋存环境与条件等都知之不多。“百慕大之谜”一直未解。第二次世界大战结束后,在佛罗里达、百慕大群岛和波多黎各之间的百慕大三角区海域不知何故引起了天然气水合物大量分解,造成了严重的海水气化与海啸,使过路的大型船只沉没海底,5架军用飞机吸入海内,数艘半潜式钻井平台、悬浮式钻井船相继倾覆。据说,疑与天然气水合物有关。因此,天然气水合物的安全开采问题,引起有关方面的极大关注。

此外,在天然气水合物钻井时,储层井壁和井底附近地层应力释放,地层压力降低。钻头切削岩石、井底钻具与井壁及岩心的摩擦产生大量的热能,钻井液也会和水合物地层发生热交换,引起天然气水合物分解。分解会使井壁坍塌和扩径,造成钻杆弯曲、测井仪器下入困难、测井数据失真等问题。逸出的气体又影响了钻井液的密度和流变性,还可能引发井喷和平台倾覆等钻井事故,严重时会引起环境灾难。

可见,天然气水合物钻井及其安全问题非常重要,应该引起我们的高度重视。

俄罗斯是世界上第一个发现和开采天然气水合物的国家。俄罗斯古勃金国立石油天然气大学多年从事石油、天然气和天然气水合物的研究工作。20世纪60年代,这个学校的专家们就在西伯利亚发现

了麦索雅哈天然气水合物矿藏。他们在钻井和开采方面,取得多项发明专利,技术先进,经验丰富,居世界领先地位。巴斯尼耶夫(К. Е. Басниев)和库利契茨基(В. В. Кульчицкий)教授提出了运用双筒大水平距定向对接智能井技术,利用放射性废料(核废料)放出的热量开采天然气水合物的问题,一方面解决了天然气水合物的开采问题,同时又可解决核废料的地下处理问题,引起了各国同行专家的兴趣。

3.1 天然气水合物的开采原理

天然气水合物的基本开采原理是,利用核废料产生的热量,使水合物升温融化,形成天然气气体,然后把天然气抽到地面上,供用户使用。

3.2 天然气水合物的开采过程

- (1) 向天然气水合物地层打压入井(见 2);
- (2) 向天然气水合物下面的地层压入核废料,向钻井中间部分灌注水泥(见图 3);
- (3) 核废料对储气层加热,形成产气储层(见图 4);
- (4) 打开采井并加长水平井段的长度(见图 5);
- (5) 向压入井注入蒸汽,增加储层渗透性,在产气储层中形成天然气(见图 6);
- (6) 将气体抽出地面。

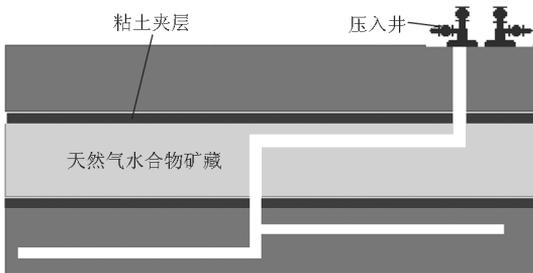


图 2 向天然气水合物地层钻压入井

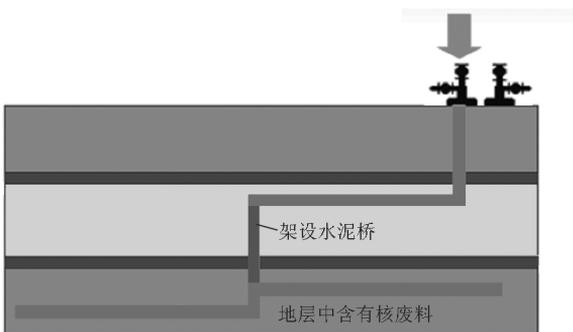


图 3 向水合物下方地层压入液态核废料、向钻井中间部分灌注水泥



图 4 在核废料作用下,储层温度升高,形成产气储层

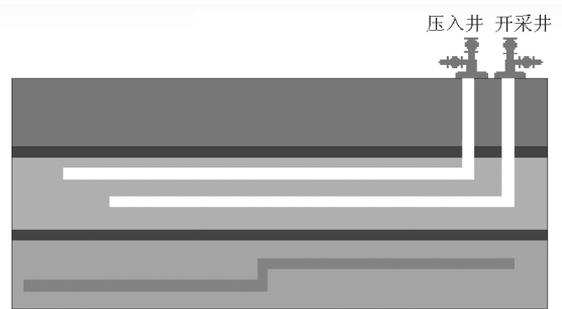


图 5 打开采井并加长水平井段的长度

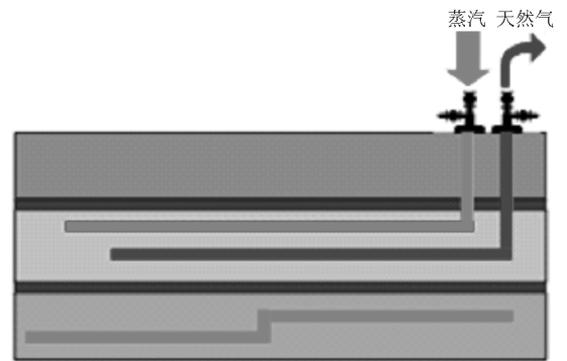


图 6 向压入井注入蒸汽,增加储层渗透性,在产气储层中形成天然气

3.3 运用双井筒大水平距定向对接智能井技术开采天然气水合物

根据开采计划,按照钻井设计,利用智能系统,打双筒大水平距定向对接智能井(见图 7)。在第一个井筒(右井)打出并下好井口管后,向下钻进一个井段。根据水合物矿层情况,按照开采计划和设备能力,确定水平距的距离,设计第二口井的位置。在打第二个井筒(左井)时,利用钻具组成,根据开发的软件,应用导向系统和造斜器具、钻头,钻成大水平距的智能对接井。

在双井筒打成后,利用压送核废料用设备,通过压入井向天然气水合物矿层压入液态核废料,使矿层升温,形成天然气。然后,利用采取天然气用设备,从开采井抽取天然气(见图 8),供用户使用。

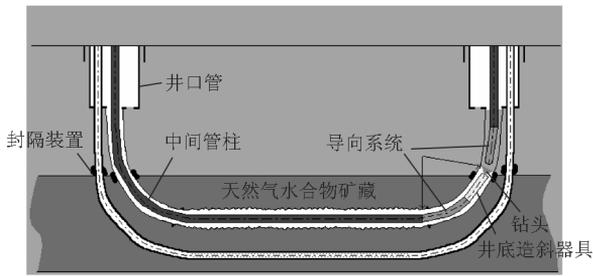


图7 利用导向系统和造斜系统钻进双井筒大水平距对接智能井

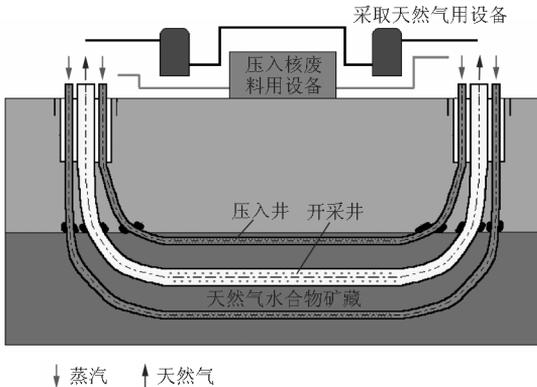


图8 利用双井筒大水平距对接智能井开采天然气水合物

4 结语

天然气水合物是一种新的能源,我国在海底和陆地上均找到了天然气水合物。这对我国能源结构的调整和能源紧张的缓解将起非常重要的作用。但是,天然气水合物的开采及其安全问题是个体大问题,是国际上专家普遍关心的一个问题。对此,我们应该给予高度重视。不是找到了天然气水合物,就可安全开采出来了,新能源问题就解决了。

使用传统方法开采天然气水合物,在理论上是有4种方法:把天然气水合物地层压力降到平衡压力以下;把天然气水合物地层温度提到平衡温度以上;向该地层中注入使水合物分解的处理剂;施加有效的高频场作用。

利用核废料在地下将天然气水合物融化,使其变成气体,送到地面,就像开采常规天然气一样,是一种新的方法、新的思路,获得了俄罗斯发明专利,解决了开采的安全问题。同时,也解决了世界难题——核废料的处理问题,确是一举两得。

如果能把利用核废料开采天然气水合物同传统的热水、蒸汽开采结合起来,可能效果会更好一些。

但是,通过井眼把液态核废料压到水合物地层中,使其水合物地层加热,这个问题本身也有一个安

全问题,对此也应加以研究。

综上所述,建议有关部门和单位对利用核废料开采天然气水合物及其有关问题进行研究,以便早日解决我国天然气水合物的安全开采问题。

参考文献:

- [1] 刘广志.关于我国逐步开展四大地球科学工程的建议[J].探矿工程,2003,(S1).
- [2] 蒋国盛,王达,汤凤林,等.天然气水合物的勘探与开发[M].武汉:中国地质大学出版社,2002.
- [3] 刘广志.天然气水合物开发的现状和商业化的技术关键[J].探矿工程,2003,(2).
- [4] Kulchitsky V. V. Thermal Method of Development of Gas Hydrate Fields [Z]. Orlando, Florida: Natural gas technology, 2002/Basnief K. S.
- [5] Kulchitsky V. V. New Method of Development of Gas Hydrate Fields; Problems and perspective [Z]. Tokio; 22 - nd World Gas Conference, 2003/Basnief K. S.
- [6] Kulchitskiy V. V. Prospects for gas hydrates development [A]. Gas industry of Russia Digest #4 [C]. 2006/Basnief K. S., Yermolaev A. I., Schebetov A. V.
- [7] Кульчицкий В. В. Сквжина как элемент интеллектуальной системы управления разработкой месторождений углеводородов [J]. Нефтяное хозяйств, 2002, (2).
- [8] Кульчицкий В. В. Интеллектуальные скважинные системы управления разработкой месторождений углеводородов [J]. НТЖ Интервал, 2002, 38 (3).
- [9] Кульчицкий В. В. Геонавигация при разработке газовых залежей сложного геологического строения [J]. Газовая промышленность, 2002, (11)/Гирия В. И., Леонтьев И. Ю.
- [10] Кульчицкий В. В. Новый метод разработки газогидратных месторождений. Проблемы и перспективы [J]. НТЖ Наука и техника в газовой промышленности, 2003, 14 (2): 57 - 62. //Басниев К. С.
- [11] Кульчицкий В. В. Способы разработки газогидратных месторождений [J]. Газовая промышленность, 2006, (7)/Басниев К. С., Шебетов А. В., Нифантов А. В.
- [12] Кульчицкий В. В. Способ сооружения скважин с отдаленным забоем [P]. Россия: Патент на изобретение № 2295024 от 20.03.2006. БИ № 7 от 10.03.2007.
- [13] Кульчицкий В. В. Телеметрическая система контроля забойных параметров [P]. Россия: Патент на изобретение № 2194161 от 01.12.2000. БИ № 34 от 10.12.2002./Григашкин Г. А., Варламов С. Е.
- [14] Кульчицкий В. В. Система управления процессом бурения [P]. Россия: Патент на изобретение № 2208153 от 02.10.2001. БИ № 19 от 10.07.2003./Григашкин Г. А., Коновалов А. М., Инчаков А. В.
- [15] Кульчицкий В. В. Способ термической разработки месторождений газовых гидратов [P]. Россия: Патент на изобретение № 2306410 от 22.12.2005. БИ № 26 от 20.09.2006. Шебетов А. В., Ермолаев А. И.