

用“非常规技术”解决非常规天然气问题 ——斯仑贝谢非常规天然气白皮书

Donna Garbutt

(斯仑贝谢公司油田服务经理)

在油气产量日趋下降而需求又日益增长的时代,如何经济地从非常规能源获得天然气,是矿物燃料开采遇到的下一个难题。煤层气(CBS)、致密地层天然气和水合物资源数量巨大、潜力长久,这些非常规能源正推动着技术进步。北美洲诱人的天然气价格和对世界市场前所未有的兴趣,将使非常规天然气进入未来能源的最前沿。斯仑贝谢不断增加投资,达到一年 15000 万美元,来解决天然气开采中的技术难题。

由于世界需求继续增长,作为常规矿物燃料的一种补充,非常规天然气的重要性将继续增加。根据美国地质调查局的勘查结果,煤是世界上最丰富的能源,它蕴藏着大量的天然气资源。比起煤本身,煤层气(CBM)能源在环境上更可接受。据报道,全世界地下煤层含有 3500—9500 万亿立方英尺的煤层气,仅北美洲的煤层气就在 1,000 到 3,000 万亿立方英尺之间。据保守估计,全世界以天然气水合物形态存储的碳的量,是地球上已经发现的所有矿物燃料中碳的总量的两倍。

也是一种重要的长久能源。

在美国,由于天然气供应紧张,所以煤层气在公众中引起很大注意。根据美国天然气技术研究所的估计,煤层气资源潜力相当于美国能源总潜力的 12%。因此,斯仑贝谢公司正把煤层气作为研究与开发(R&D)目标,以满足这一迅速增长的市场对技术的需要。

在美国,由于煤层气资源丰富,探测和运输技术改进,其开发已经得到稳步发展。中等的和大的独立能源公司是老盆地的主要经营者,他们正对美国这一大的能源的开采进行投资,以支持经济的持续增长。现在 11 个煤田煤层气年产量已经超过 1.5 万亿立方英尺,占天然气年产量的 10%。

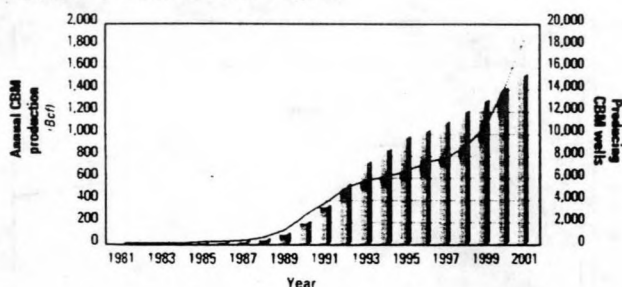


图 1 美国煤层气产量生产(蓝色)和生产井数目(红色)。

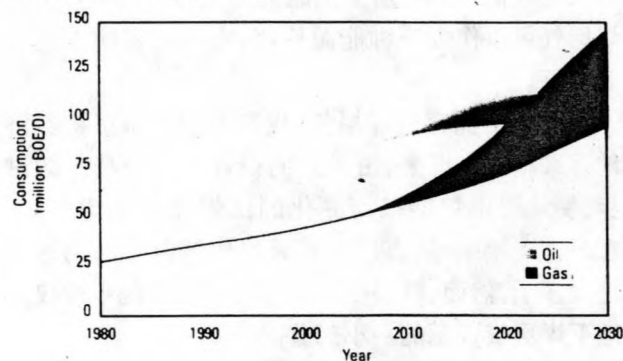


图 2 石油和天然气消费预测。一些专家相信,到 2025 年左右,天然气消费量将超过油。

天然气,曾被工业界认为是一种避之唯恐不及有害物质,而今却被认为是重要的清洁能源。虽然现有的天然气资源评估结果使人们不必为能源而担忧,但开采非常规天然气—煤层气、致密地层天然气和天然气水合物—正赢得工业界越来越多的注意,因为它既能缓解市场(如美国和欧洲)的需求紧张,

全球煤资源主要分布在 69 个国家,其中的 35

个国家进行了煤层气方面的工作,17个国家已在开采煤层。在澳大利亚、中国、印尼和欧洲,煤层气正日益变得重要。

●阿拉斯加州潜在的煤资源量最大,比加拿大和美国大陆的总和还多。

●中国煤资源潜力大于美国和澳大利亚之和。

●加拿大和澳大利亚的巨大的资源正在开发之中。

在非常规天然气领域要把储集层划分得更好,需要在研究和开发方面做出大胆的尝试,才能有效地解决相关的环境问题并实施新技术。斯仑贝谢已经主动采取研究和开发行动,以满足非常规天然气的技术需求,并在进行更深层次的思考探索。

这些技术的开发正在取得了进展,新的解决办法正在出现,它们将

●保证服务可靠,而且使昂贵的停工时间最短。

●满足那些煤气丰富但没有输出设施的国家的需要。

●降低勘探和开发费用。

非常规天然气储量 大但需要新的开采技术

这三种非常规天然气能源,在成因和特征上是非常不同的,但都圈闭在地球内非常复杂的环境中。

●煤层气有时出现在常规油气资源不存在的地方。人们只是近来才将煤当做一种储集岩石。由于煤的内表面积大,其储藏的天然气的数量是同等常规天然气储层岩石所能储藏天然气的6-7倍之多。煤层气可以作为一种能源使用,在环境影响上它比煤更好。

●煤中储存的煤层气,仅有一部分可以被经济地开采出来。近来,由于井的设计和生产技术的进步,使煤层甲烷能被商品化的比例显著地增加了。在过去十年中,从煤层开采天然气的钻井活动显著地增多了,然而,已经变为实际可采储量的甲烷仅占地下煤层气资源的一小部分。

●致密天然气存在于渗透率在微达西范围的地下储层中。大家知道,致密天然气资源量大,但不易向现有的井流动,从而难以实现经济上合算的采收。虽然致密气资源的估算相差很大,但一些研究认为,美国全部的天然气地质储量可能超过15000万亿立

方英尺(Tcf),而年产量仅在2—3万亿立方英尺之间。大约有40000口井正在从致密砂岩生产天然气;当前的单井平均产量是每天170千立方英尺(Mcf)。致密气藏常常被发现于陆上,其大小、位置和质量变化相当大,只有很少一部分能够利用现有的技术经济地开发。

●天然气水合物或甲烷水合物是由圈闭在冰内的天然气分子组成的。从含碳的角度看,天然气水合物(分子)资源两倍于其他全部矿物燃料—煤、煤气、石油—的总和。圈闭在海相沉积地层中的甲烷作为一种水合物,其总量代表着巨大的碳储集层,在评估非常规资源上,是肯定要考虑的一个主要因素。

关键所在与必需的技术

与具有商业价值的煤层气、致密砂岩气藏或水合物有关的断层和裂缝,其岩性和几何结构的组合状态,是任何单只仪器难以描述清楚的,地震(尤其多分量三维地震)信息、专业的电缆测井曲线、胶结方法和增产措施、钻井和测量、常规的地下数据、油藏工程数据以及模拟等等全都是必需的。整个工业界都认识到,在非常规资源的勘探开发中,各门学科相互依赖,各专业领域信息的有效性和及时性对用户来说是很重要的。斯仑贝谢公司倡导数据服务,认识到了考虑客户现有的技术选择,从信息管理方案尽快传递价值的必要性。

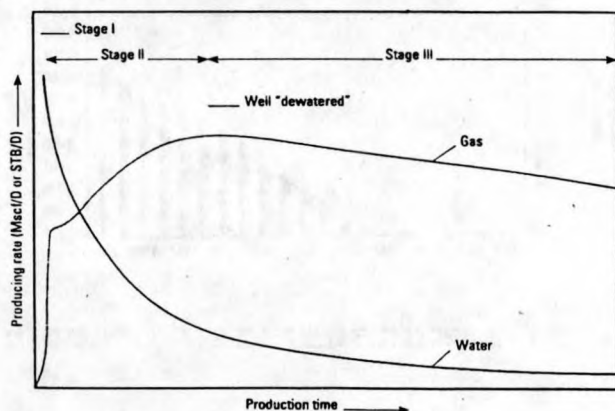


图3 煤层开采特征。第1阶段,产量由水控制。第2阶段,由于煤层中产出了水,且煤层对气的相对渗透率增加,天然气产量增加。第3阶段,水和采气量都跌落。

煤层甲烷——经验和先进技术对煤层开发具有积极影响。

●新测井技术和取样仪器能够增强煤层的评价。

●轻质水泥胶结与添加剂的有效使用,减小了对敏感的煤层气储集层的损害。

●使用无损害裂缝激励液体和创新的水力压裂设计,促进气和水流向井眼。

●使用人工举升技术和智能软件,促进煤迅速有效地脱水。煤脱水是开发中一个对环境敏感的关键因素。

斯仑贝谢公司积极研究煤层气田的最佳增产措施。经过改良的水泥胶结和增产激励实践,降低单井完井成本,提高完井成功率。煤中天然开裂缝的存在及关联的砂岩复杂性都增加了煤藏描述的难度,解决这些问题需要新技术。有人估计,如果在煤层中进行的压裂能够达到与砂岩压裂增产措施类似效果,则从煤层中得到的可采储量将超过今天预测的三倍。

致密地层气——致密地层采气产量的工业目标是增加四倍。过去,技术和煤气价格加快了致密砂岩气层的生产。将来,价格的推动作用被认为是有限的,而技术开发必定起重要作用。

协调技术工作,达到更透彻地认识致密天然气资源的特征,以及发展可靠的工程方法,是从这种渗透率低、分布范围广泛的资源中使产量大幅增加所必须的。为了使靠近生产层的井眼定位满足经济需求,需要钻数以万计的井才能到达目标产层,这是需要同时考虑经济效果和环境影响的一个难题。

开发致密含气砂岩的关键是增产措施和水泥胶结。先进的水平井钻井技术,以及单井多层有效压裂技术,能够使煤层气移动较短距离就到达某个位置,在这个位置煤层气能够进入井眼并被产出。当这些储集层纵向延续达数千英尺时,就需要新的压裂技术。为了创造适合煤层气开采的更好解决方案,行业研究人员必须非常详细地了解地下流体流动机理。

天然气水合物——在地球上许多地方发现了水合物,包括靠近日本、欧洲、印度、墨西哥湾、美国西海岸、以及阿拉斯加州的大陆架。初步估计,水合物资源超过6000万亿立方英尺,几乎是常规天然气资源的5000倍。在海洋下面,水合物资源估算在30000到49000万亿立方英尺之间;在永冻土之下,水合物资源估计在5000到1200万亿立方英尺之间。

当前和将来的开发

由于技术进步和仪器使用更加有效,使对储层条件有了新的认识,从而使非常规天然气的生产蓬勃发展。渗透率、地层压力、储层流体饱和度是判别某些区域是否适合于开发煤层气的关键。

最初开发的煤层气资源往往产自厚煤层,但现在,潜在的煤层气存在于薄的煤层内。用于开发薄层的技术完全不同于连续煤层所使用的技术。

现在,模拟和生产含气砂岩和含气煤层是可行的。砂岩气的产能曲线开始时高,但是迅速变平稳和变细。砂岩产量下降时,煤层产能曲线突变。使砂岩和煤层气产量高峰的影响和产量下降之间达到平衡,在经济上非常重要。

钻井之前,有效的储藏模拟可以识别煤层气盆地中最有意义的层段,应该努力获得有效的、成功的完井技术。依据最近的完井情况,美国的煤层气生产已经延伸到8400英尺的深度以下。

现在已经有了煤层气开发的水处理方法,并在继续发展;水处理方法要考虑环境问题和社会合理使用水的问题。在发现煤层气及其他非常规天然气能源的地方,存在着敏感的环境污染的问题,区域知识和当地的基础设施可用来减轻这种危险。

靠近钻头的传感器实时传送信号,有利于致密地层气的开发,能够根据最新的信息改变钻控目标。使用新型的液体、改良的支撑剂和支撑剂回流控制技术,反复进行压裂和增产处理,能够恢复生产。改良后的诊断技术,比如短时间关井试井,有助于确定一口井当前增产处理的条件,并查证重复压裂的效果。小井眼钻井和完井技术有助于成本控制。

作为行业协作项目的一个成员,斯仑贝谢技术公司积极参加必要的模型、技术和数据的开发,以研究墨西哥湾深海的天然气水合物。这项研究能够有助于美国降低对外国天然气能源的依赖,提供比较便宜的本地供应。

即将面临的挑战

在煤层气开发中,水处理问题仍然是一个巨大的挑战。泵容不得细煤粉,故障率很高。对于在地面处理水或把水再注入岩层,这类在经济上和環境上都可行的办法,仍然需要研究。一种最佳的脱

水办法,可以与无损害胶结和增产措施技术相结合,有助于排除煤层裂隙渗透网络中的水,这样井的产能就增加了。

在致密天然气开发方面,优质致密含气砂层和含气油页岩地层都已经被开发了。新的技术和操作法将降低这些地层的钻井、完井和生产成本,其影响将是巨大的。

将来在所有这三类非常规天然气领域的开发进度,将取决于开发的经济效果。因此,技术是更好地了解储集层和改进经济效益的驱动力。

斯仑贝谢将继续发展获得非常规天然气资源的

高冒险、高回报技术,改善对经济和生存环境的影响。未来的工作集中在:

●通过有效的前期准备、综合服务和现场管理,降低作业风险和成本。

●提供高效率的技术、系统和服务,并始终满足严格的环境要求。

●寻找合适的水溶液(比如淡水处理)。

所有专业需相互协同,才能成功地开发非常规天然气。斯仑贝谢将继续改进大家认可的做法,提供新方法以增加产量、储量和客户股东的利益。其最后结果将是更清洁、更多、更便宜的能源。

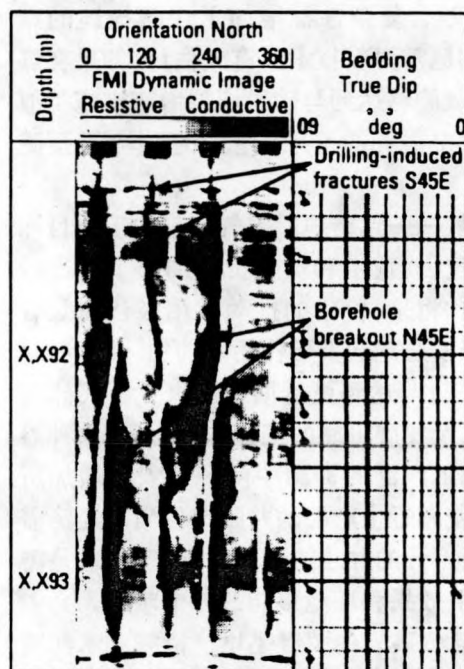
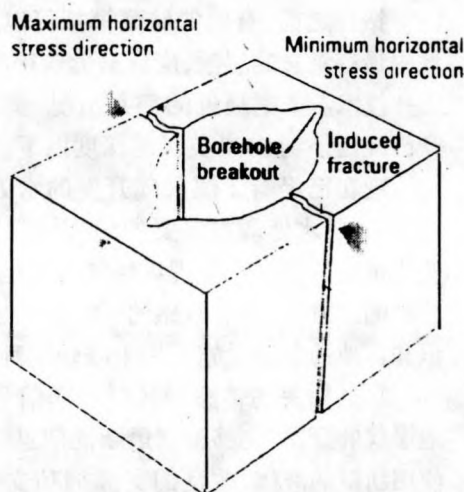


图4 用井眼成像数据确定地应力。在钻井期间,井眼周围的地应力释放,引起了次生裂隙和井眼垮塌(左)。这些现象指示出地应力的方向。在水力压裂处理和斜井设计中,使用了这些特征方位和地层微成像仪(FMI)测井数据(右)解释结果。

煤层气方面的技术进步

由于更好的层位封隔,对储集层的认识更完善,煤层气生产者通过改进增产处理措施,提高了单井产量。斯仑贝谢公司现有的对煤层气开采有贡献技术如下:

●钢缆 ECS(元素俘获能谱)探头,能够测量元素的浓度,比如灰含量。

●DSI(偶极声波成像测井仪)能够计算地应力方位。

●FMI(全井眼地层微成像测井仪)能够探查很深煤层中的构造裂缝。

在水泥胶结方面, LiteCREATE 泥浆系统克服了过去煤储集层胶结的负面影响。以前,要进行没有损害有不减少产量的水泥胶结是困难的。现在,这种新的轻质的因而较少污染的 LiteCRETE 煤层气泥浆和纤维混合,容易封堵煤的劈裂面。这种技术降低了对岩石渗透性的损害,在地层与水泥之间形成了良好的胶结,可以实施更好的压裂和增产措施。

斯仑贝谢公司的钢缆射孔站(WPP)为定向钢

缆射孔带来了新的效率。在射孔-裂缝连通通道的优化过程中,特别是在煤层气(CBM)压裂处理中,射孔方位是最重要的。

WPP 能够在垂直的和倾斜的井中转动射孔枪,它的外直径小,是 1.69 英寸,能够进行油管传输作业。WPP 与以前技术相比节省了宝贵的时间,因为它装备了井下发动机系统,能使射孔枪方向定在优选的破裂面(PFP)上,并在一次起下作业中将其击穿。WPP 使用安全的雷管系统,不需要无线电方法,选择性射孔还可以在一次操作中完成。在压裂增产措施之前,通过集成的压力和温度传感器,采集到冲击(IMPULSE)试验所需要的数据,以便确定储层压力和渗透率。

因为煤层裂缝系统必需用无损害强化增产法延伸到井眼,所以压裂流体系统和增产措施设计增加了压裂效率,更适应环境要求。新的压裂-监视技术能够得到水力压裂结果的实时图像。水力压裂增产措施诊断软件(StimMAP),能够现场、实时地得到水力压裂地震事件的成像图,以便改进作业安排,增强井的产能,能更透彻的了解裂隙的几何形状,这样有利于以后的现场开发决策。

斯仑贝谢公司一直关注人工举升需求和技术发展,创造新的产品方案。现在许多产气井用多级排量泵(PCP)提供人工举升需要,却没有以前其他人工举升设备遇到的特有的瓦斯问题。斯仑贝谢的

PCP,包括一个驱动机械装置和一个井下泵在内,可完美地适合于气井脱水,不像其他泵那样受气塞的困扰。

在储层进入实际生产以前,如何识别这些潜在储层是一个重要的行业挑战。我们的分布式温度传感器(Sensa)产生准确、实时的数据,帮助用户依据连续地进行最优化生产。

当认为井眼水平通过煤层比压裂和增产措施更好时,钻井技术的最新进展有助于煤层气的开发。

模拟煤层气储层动态是一个挑战性的任务,应引起专家们注意,还需与具体的煤盆地使用的技术结合。斯仑贝谢公司通过第三方咨询和 ECLIPSE 油藏模拟软件提供这些专业知识。ECLIPSE Office 集成了模拟管理程序和事例构造软件,扩大了油层模拟能力,使没有经验的用户也能把物理学数据与专用模板综合起来,实现准确的储层模拟。除了把等温线数据和不确定性处理集成在一起外,这软件还有处理多种类型天然气的能力。

ECLIPS 软件提供了多种可靠的数值模拟技术,适合于精确、快速地解决各种类型的储集层和各种程度的复杂性——结构、地质学、流体和开发方案——有关的问题。这种无与伦比的灵活性能使生产效率达到最高。

(李鹤升译自 www.slb.com)