

中国页岩油开发现状及勘探进展

陈立 (抚顺矿业集团有限责任公司页岩油化工厂, 辽宁 抚顺 113015)

摘要: 石油工业是经济发展的血液。然而, 石油属于不可再生能源。近几年, 页岩油作为一种石油的替代品引起了人们的关注。据考察发现, 国内富有机质页岩分布广泛, 页岩油气藏储量十分可观。但由于目前我国对页岩油的研究时间不长, 还没有实现页岩油工业化生产。本文以页岩油为线索, 综述我国页岩油勘探技术、开发现状以及所面临的问题与挑战。

关键词: 页岩油; 勘探开发; 现状; 进展

1 中国页岩油存储及其开发现状

1.1 中国页岩油的存储

国内陆相富有机质页岩种类多, 形成时间久远, 范围广泛, 具有很好的开发潜力。我国优质页岩多数与凝灰岩共生, 火山喷发可能是凝灰岩形成的重要原因。区域构造活动、频繁的火山喷发、湖底热液等活动的同时作用, 共同促进了富有机质页岩的大规模发育。

表1 中国页岩分类及分布地区

沉积类型	分布地区
海相页岩	扬子地区古生界, 华北地区元古界-古生界, 塔里木盆地寒武系-奥陶系等
海陆交互相页岩	鄂尔多斯盆地石炭系本溪组, 下二叠统山西组-太原组, 准噶尔盆地石炭-二叠系, 塔里木盆地石炭-二叠系, 华北地区石炭-二叠系, 中国南方地区二叠系龙潭组等
陆相页岩	松辽盆地白垩系, 渤海湾盆地古近系, 鄂尔多斯盆地三叠系, 四川盆地三叠系-侏罗系, 准噶尔盆地-吐哈盆地侏罗系, 塔里木盆地三叠系-侏罗系, 柴达木盆地第三系等

初步估计, 中国陆相页岩油资源量约为 1500×10^8 t, 可采资源量为 $(30-60) \times 10^8$ t (表1)。国内大多含油气盆地或坳陷多为广泛发育的陆相富有机质页岩: 渤海湾盆地古近纪、松辽盆地白垩纪、鄂尔多斯盆地三叠纪、四川盆地侏罗纪、塔里木盆地三叠纪-侏罗纪、准噶尔盆地侏罗纪等。陆相页岩的形成是由于湖盆的扩张期有机质丰富, 含介形虫、孢粉、细菌、高等植物等化石, 碳含量较高。主要分布在深湖-半深湖相沉积环境。例如: 三塘湖盆地马朗坳陷二叠系芦草沟组, 岩性包括灰质泥岩和白云质泥岩, 有机质类型以 I 型干酪根为主, 热演化程度 $R_0=0.5\%-0.9\%$, TOC (原始有机碳) $=1.4\%-11.9\%$; 再如辽河坳陷古近系沙河街组三段, 几乎全部为碳质泥页岩, II 型干酪根, TOC 值平均为 2.64, 最高为 16.33。

1.2 中国页岩油开发现状

渤南洼陷沙三下亚段岩性为深灰色泥岩、深灰色和灰色灰质泥岩、灰褐色油页岩油泥岩互层, 夹少量灰褐色灰岩、灰色泥岩白云岩、灰色砂质泥岩和白云质粉砂岩, 厚度为 300-500m, $w(\text{TOC})$ 为 0.71%-9.32%, 平均为 3.03%, IH (氢指数) 为 160-1040mgol/gTOC, 平均为 496mgol/gTOC, $T_{\max}$ (岩石热解参数 S2 最大峰值) 为 424-447℃ (R_0 为 0.7%-0.9%) 处于大量生烃阶段, 干酪根类型以 I 和 II 1 型为主。黏土矿物体积分数普遍小于 40%, 平均为 18%, 并以伊利石和伊/蒙混层为主, 其他矿物 (脆性矿物)

体积分数为 80% 以上, 以碳酸盐矿物为主。前期的勘探成果揭示出渤南洼陷罗家油田以裂缝型页岩油为主。该油田罗 42 井已累积产页岩油 1.36 万 t。

齐家-古龙凹陷青山口组岩性为黑色、深灰色泥岩, 黑色、深灰色、灰色粉砂质泥岩, 灰色粉砂岩及砂岩, 夹少量介形虫层, 灰色钙质砂岩, 灰色钙质介形虫层。青山口组上段以砂岩为主, 下段以泥岩为主, 厚度为 200-600m, $w(\text{TOC})$ 为 0.4%-12.1%, 平均为 2.1%, IH 为 27-1187mgol/g TOC, 平均为 433mgol/gTOC, 干酪根类型以 I 和 II 1 型为主, $T_{\max}$ 为 425-467℃ (R_0 为 0.25%-1.85%), 青山口组泥页岩大多处于成熟与高成熟阶段。黏土矿物体积分数为 7%-49%, 平均为 37%, 并以蒙脱石、伊利石及伊/蒙混层为主, 其他矿物体积分数为 60% 以上, 伊石英长石为主。2011 年齐家凹陷设计完钻了齐平 1 井, 并进行了水平分段压裂, 在压裂段最前端的纯泥岩段进行了压后抽汲, 试油 0.3m³/d, 累计油 5.55m³ (15d)。

东濮凹陷沙三下亚段岩性为灰色、深灰色泥岩, 灰质泥岩夹粉砂岩, 厚度为 300-550m, $w(\text{TOC})$ 为 0.11%-4.15%, 平均为 0.82%, IH 为 9-644mgol/g TOC, 平均为 194.1mgol/g TOC, 干酪根类型以 II B 和 III 为主, $T_{\max}$ 为 421-449℃, 多数进入成熟阶段。黏土矿物体积分数普遍小于 50%, 平均为 34.3%, 并以伊利石和伊/蒙混层为主, 其他矿物 (脆性矿物) 体积分数为 60% 以上, 以碳酸盐矿物为主。前期的勘探成果揭示出东濮凹陷在高压区、超高压区、盐岩分布区及构造转换带等地带存在泥岩裂缝油气藏, 并已在文留、濮城、卫城、胡状、庆祖和刘庄等地带发现泥岩裂缝油气显示。截至 2003 年, 东濮凹陷共有 70 口井泥岩裂缝中见油气显示, 6 口井测试或试油, 主要分布在文留地区。

白庙平 1 井产油 40t/d, 至 2012 年 6 月 28 日, 累积产油 2736t。

2 中国页岩油发展所面临的难题与挑战

页岩油虽然在上个世纪就已经被人类所发现, 但直到近十年才受到广泛的关注。所以对页岩油的了解存在不足, 总体上来讲现有的理论与技术也存在弊端, 使页岩油的勘探放慢了脚步。

首先, 在本质上, 我们对页岩油的认识存在争议。邹才能等认为储存在富有机质, 纳米级孔径的页岩地层中的石油为页岩油。张金川等认为“曾经有过生油历史或现今仍处于生油状态的泥页岩地层, 也包括泥页岩地层中可能夹有的致密砂岩、碳酸盐岩、甚至火山岩等薄层”是页岩油的主体介质。姜在兴等认为页岩油是存在 (下转第 6 页)

一个作业表示, 实际情况中设备材料的运输将分批次运送到现场, 从而导致该作业记录存在争议, 无法推进到下一步工作。总结得出, 采购进度计划制定时, 可以将原来的运输作业分为两个作业, 一个是运输完成超过 80% (暂定), 一个是剩余全部运输完成。下面图 1 是相关简单示意图:



图 1 两种作业安排模式简单示意图

Fig.1 The demonstration of two types of logics shown in MS Project

前一个在供货商的货物运送完 80% 后, 逻辑连接下一步作业以保证进度计划继续前进。剩余部分则继续监督, 直至所有货物已经运送完并交接。逻辑连接相关施工作业并设置 FF 逻辑 (完成 - 完成) 并加上对应施工可能需要的完成时长。其中两个作业界限的设定不是唯一, 作业个数也可以调整, 具体参考以往类似项目或者采购任务, 让

采购经理、项目经理等进行商定。

3.2 P6 软件的使用深度

本项目虽然使用 P6 制作进度计划, 但是 P6 中的资源功能并未能完全利用。详细的资源配置可以精确到个人的工作量, 发现是否出现超负荷工作量安排; 可以精确安排施工现场吊车等工具, 发现是否出现重叠时间段使用, 避免实际施工时候工具使用权出现争议; 甚至可以统计材料的使用情况和对费用, 无需另外专门统计。一般来说, 资源的统计和分配才是计划、甚至项目控制工作的重点, 然而目前本项目计划工程师的人数和实力暂不允许支配该功能。

4 总结

接触类似大型海外项目对计划工程师而言是一种挑战, 但是也是绝佳的学习机会。同时, 为了增加海外项目投标的核心竞争力, 开发尚未熟练使用的功能, 如 P6 的资源配置, 是未来发展的必要步骤, 甚至企业运行都全面纳入计划工作范畴, 从而能更客观直接的统计公司运行资源。由此可见, 过往相关计划资源数据的储备, 相关技术知识的学习, 才能在未来的项目中更好的发挥计划作用。

参考文献:

- [1] 王鹏, 历超, 肖杰. 项目管理中的项目计划控制作用和应用 [J]. 石化技术, 2020, 27(06): 335+349.
- [2] 邱小林. 浅谈项目计划与控制 在燃气工程项目中的应用 [J]. 中小企业管理与科技 (上旬刊), 2019(04): 5-6.
- [3] 郝瑾. 项目计划控制在石油化工项目管理中的作用探讨 [J]. 化工管理, 2018(23): 71.

(上接第 4 页) 于作为有效生烃源岩的泥页岩中的液态烃类, “页岩油储层” 具体指含油、产油层段主体为泥页岩的层段。同时页岩油的赋存机理、成藏机理、富集机理、渗流机理及驱动机理等基础问题还不明确, 对页岩油可采资源量的评价方法及甜点区的评价技术还有待进一步的完善。

其次, 在经济上, 石油开发经济性评价是衡量能否实现工业化的重要指标。在水平井的钻井方面, 面临着页岩地层造斜段防塌技术难度大、核心技术欠缺、工艺成本高、作业工期长等难题; 在多级分段压裂技术方面, 同样面临着压裂液体系复杂、页岩储层压裂作业难度大、工艺要求高、施工效率低以及压裂液重复利用技术等难题。国内页岩油气水平井单井平均总投资高达 5000-7000 万元, 高额的成本严重减慢了我国页岩油气的勘探开发进程。在技术层面上可以适当借鉴国外成熟的技术, 如页岩原位加热改质技术、纳米二氧化硅驱油技术、氮气驱油技术等。有效的降低页岩油的开采成本, 可以加速页岩油气的开发进程, 进而对石油工业产生里程碑式的影响。

最后, 在技术上, 目前中国页岩油开发的一些关键技术还引进于国外, 虽然近几年在一些方面存在突破, 但还不足以完全的掌握勘探页岩油的一系列工序, 这些技术问题制约着中国页岩油勘探的发展。

3 结论

页岩油作为新能源具有 6 大特色: 源储一体, 滞留

聚集; 较高成熟度, 富有机质, 含油性较好; 发育纳米级孔吼、裂缝系统; 储集层脆性指数较大; 地层压力大、油质轻; 大面积连续分布, 资源潜力大。中国页岩油储量巨大, 勘探开发前景好。初步估计中国陆相页岩油资源量约为 $1500 \times 10^8 \text{t}$, 可采资源量为 $(30-60) \times 10^8 \text{t}$ 。国内目前初步掌握了地质综合评价、水平井钻完井技术及多级分段压裂技术, 保障了页岩油的有效勘探开发。

国内目前在页岩油的概念上、经济上以及技术上存在诸多难题, 这些难题需要勘探工作者们来刻苦攻克。我们完全可以相信在未来的几年, 通过我们的不懈努力加快页岩油的发展, 最终成为我国中长期重要的油气资源战略接替领域。

参考文献:

- [1] 邹才能, 朱如凯, 白斌, 等. 致密油与页岩油内涵、特征、潜力及挑战 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 2015, 34(1): 3-17.
- [2] 张文正, 杨华, 彭平安, 等. 晚三叠世火山活动对鄂尔多斯盆地长 7 优质烃源岩发育的影响 [J]. 地球化学, 2009, 38(6): 573-582.
- [3] 邹才能, 杨智, 陶士振, 等. 页岩油形成机制、地质特征及发展对策 [J]. 石油勘探与开发, 2013, 40(1): 14-26.

作者简介:

陈立 (1977-), 男, 汉族, 籍贯: 河北景县, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 页岩油深加工。