

天然气勘探中的哲学思维和“首尾归一”模式

符晓

中国石化西南油气分公司

符晓.天然气勘探中的哲学思维和“首尾归一”模式.天然气工业,2010,30(7):17-20.

摘要 通过践行邓小平同志1978年提出的“解放思想、实事求是”的思想路线,30年来四川盆地的天然气勘探工作取得了长足进展。为此,总结了在盆地西部(川西)部分气藏探明中采用的思维方法,分析了成藏理论研究中的哲学思维;认为油气藏形成的理论,应根据唯物主义的观点,随着科技的进步、实践的深入,不断补充、调整与完善;归纳概述了油气系统工程的两种思维(直线思维、曲线思维)与勘探成效的关系,重点对“首尾归一”环型模式进行了阐述;设计方案时钻井目标要明确,完井要达到希望的产能,资料应翔实、完整,未达到钻井目标应进行分析和总结。该模式的中间过程涉及物探、布孔、钻井、录井、测井、射孔、压裂、测试等多个工程技术环节,它们都需要整体部署、协调工作。

关键词 四川盆地 勘探 实践 哲学思维 “首尾归一”模式 成藏理论 解放思想 实事求是

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2010.07.004

天然气具有深埋地下的隐蔽性,聚散易变的流动性,分布地域的不均匀性3个特点。开发天然气需要3把利剑:油气地质理论、哲学思维、配套工艺技术。3把利剑的长短配套状况决定着找气效果。理论可从书本上学,工艺技术也可引进,唯独哲学思维只能靠自身开发,而遵循“实践是检验真理唯一标准”总导向,也许能将理论用好、用活。在此,结合四川盆地30年来的勘探实践工作,根据“实践是检验真理唯一标准”的原则,探讨天然气勘探中的哲学思维和“首尾归一”模式。

1 解放思想,唯物与发现

1.1 川西天然气勘探工作30年前后的变化

1978年,邓小平提出“解放思想、实事求是”,当时的四川盆地天然气勘探工作成效不显著。钻探川玉33井(布在四川盆地绵阳安县玉泉的首口探井,勘探目的层为上三叠统须家河组二段),当时认为有利的含气圈闭是古构造,主要的烃源岩是海相。当时川西前陆盆地约 $4 \times 10^4 \text{ km}^2$ 范围内,除中坝须二段、雷三段气藏投入开发外,在坳陷主体和东坡无一口气井。川玉33井钻井效率:半年钻进3200 m。

而30年后的今天,四川盆地的天然气勘探开发局面发生了质的飞跃。①目的层,川西油气勘探目的层,

从 K_1j-P_1 的6000 m深地质体中,约有15个目的层;②圈闭类型多,有古构造圈闭、今构造圈闭、古今复合圈闭及地层岩性等圈闭;③资源,预测川西坳陷共有 $(2 \sim 3) \times 10^{12} \text{ m}^3$ 天然气资源量;④探明储量,中国石油、中国石化在川西地区共获天然气探明储量近 $1 \times 10^{12} \text{ m}^3$,可采储量 $(4000 \sim 5000) \times 10^8 \text{ m}^3$;⑤产能,中国石油、中国石化合计为 $200 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 左右,2008年九龙山构造的龙XX井茅口组,日产气量大于 $200 \times 10^4 \text{ m}^3$,无阻流量大于 $1000 \times 10^4 \text{ m}^3$,尤其近期川西坳陷孝泉—丰谷构造上的川科1井,在上三叠统马鞍塘组(T_3m)测试获日产 $86.8 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的优质天然气;⑥川西坳陷中浅层气发展快,仅中国石化西南油气分公司(以下简称分公司)就年产浅层气量达 $22.4 \times 10^8 \text{ m}^3$,占分公司总产气量的80%。

1.2 哲学思维在川西坳陷部分气藏发现中的作用

1.2.1 “解放思想,唯实而调”与川西坳陷中浅层气层的发现

1.2.1.1 实践发现新层位

四川玉泉33井(川玉33井)扩大了目的层:1978年该井在 J_3p 组地层井喷, J_2s 组气侵, T_3x^4 段遇气强喷报废的实践,在解放思想和“实践是检验真理唯一标准”大环境中便提出了川西坳陷勘探目的层“不仅有

$T_3 x^2$ 还有 $T_3 x^4$ 、 $J_2 s$ 、 $J_3 p$ ”，并建议勘探中浅层(红层)天然气^[1-2]。原地质矿产部第十一普查勘探大队(以下简称十一普)钻了绵字号 8 口浅井，均见气，未获产。

1.2.1.2 “唯实而策”获两发现

“唯实而策”就是指勘探井位目的层时，依据现场实际情况进行调整。

在十一普施工的川孝 104 井、106 井发现了 $J_3 s$ 、 $J_2 p$ 气层。1984 年原地矿部西南石油局(以下简称西南局)布孔钻探须四段气层，川孝 104 井设计钻探 $T_3 x^4$ 过程中，于 $J_3 s$ 底发生井喷，便提出完井测试建议，经西南局同意固井后，环空窜气 $3.4 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，首次向绵竹县供气。1985 年在同井场布的 106 井，仍钻探须四段，从录井月报材料上发现 $J_2 s$ 有良好气侵，且持续 1 d 之久，经查实显示段为砂泥岩互层且有大量次生矿物。笔者当晚连夜编写综合图，送西南局建议完井测试，局领导当即同意完井测试，固井后还是环空窜气，日产达 $10 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，放喷 30 d 之久。由此发现川西“红层”气。

不妨设想，如果现场一线技术负责人员不敏于事、不解放思想提出测试建议，而局领导如果不解放思想，固持非须四段不进行测试的保守思想，就不会有侏罗系红层 104、106 井 2 个层的发现。特别是针对 104 井环空窜气，当时存在两种意见：建议封死和进行环空采气，西南局首任局长决定采取环空采气措施，通过试采，证实了遂宁组是属于具有工业产能的气层，这是决策者思想解放的生动事例。

1.2.1.3 “砂缝结合”思维运用于川孝 153 井

“砂缝结合”就是指如果在较低孔隙度的砂岩中存在发育的裂缝，便会有较好的产能。

1992 年，十一普施工的川孝 153 井在 $J_3 p$ 获高产^[3]。该井为钻 $J_2 s$ 的中深井，在钻进中，于 $J_3 p$ 713~721 m 井段发现井漏、井涌，生产会议上决定安排打水封住。笔者得知这一情况后，立即到井场查实，结果发现漏涌井段为细砂岩且含自生方解石，顿悟：从 1980~1991 年间数次提出勘探 $J_3 p$ 均未采纳，就是因为产量低(认为平均 $2000 \text{ m}^3/\text{井}$)，不能立项研究，也没有上钻。想要浅层突破，首先想到浅层在什么样地质条件下才可能有高产？经过反复思考，笔者曾在《川西孝泉—青岗嘴 $J_3 p$ 浅层气的勘探建议》一文中提到，“在上覆封盖条件下，砂层和裂缝结合部便会获高产”的预测。此井不正是盼望的条件吗？于是当晚一方面请井队缓注钻井液，另一方面则向正在内江开会的西南局领导请示完井测试，立即获得同意。第二天到井场组织实施衬管完井，获日产 $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的天然气

并保持稳产，进而浅层变为“浅而肥”储层。随即地方介入打井，经协调成立了新场气田开发公司，如此才有今天新场气田浅、中、深的规模开发。因此，如果不解放思想，唯实而决策，就难有今天的新场气田。

1.2.1.4 逻辑推理发现 806 井千佛岩气藏

新 806 井原设计方案为钻至中侏罗统沙溪庙组，钻进中发现多层气显示，而气源来自深部，若干佛岩组有砂砾岩储层就会有好的产能，便加深钻进，实际仅加深 60 m 就发现了千佛岩组底部高压气层，日产气量超过 $30 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，累计采气量超过 $2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。该项目获原地质矿产部找矿一等奖。

1.2.2 “解放思想，唯实而调”与川西坳陷须二段气藏的发现

1.2.2.1 “唯实而调”上合兴

1984 年经地矿部批准局部署的梓潼地区川柏 102 井，在现场勘查井场过程中，认为它属中坝气田东坡小高点，难成大气候，同时通过物勘普查资料发现川西主体坳陷东坡有个合兴场构造^[4]，为多组断裂交汇的隆起圈闭，若获成功便可带动川西整体勘探。于是组织十一普工程现场踏勘，选好井场后，再去找局地质总负责人汇报此情况，负责人看了资料后说，“这正是坳中隆的构造”，经查属实同意“缓上柏树嘴，先上合兴场”。技术总负责人当即敢于改变地矿部已批准的井位，上合兴场是“唯实而调，解放思想”、“不唯上、只唯实”的具体体现。为保证工程质量，特雇美国技术人员，采用电动钻钻井，精心保护储层，1988 年射孔须二段获超过 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的高产气量，获地矿部在四川省找气的第四次重大突破，并获发现一等奖。

1.2.2.2 “林中看树”发现新场气田须二段天然气

新 851 井须二段的发现。2000 年底新 851 井在须二段井深 4 830~4 850 m 段获无阻流量 $314.27 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的高产又有什么亮点值得反思呢？可以概括为 3 点：“看整体，找模式和加深探索”。

1)看整体：在二维构造图上圈闭仅 1.0 km^2 、闭合高度 60 m、深 4 700 m，敢钻探的原因在于看大背景，看整体：须二段在隆高 400~600 m 大背斜上局部构造圈闭。

2)找模式：在中浅层高丰度背景下从区域形变着手，归纳总结川西地区前陆 3 个带实况，发现了形变强度与丰度的关系，即形变强度决定含气丰度。

3)加深探索：地震预测须二段顶部 4 530 m，实钻 4 635 m，主力气层 4 830 m，先后 2 次加深：①突破 60 m 闭合高度；②钻腰带子(井深 4 780 m)下，遇网状缝系统获高产。

1.2.3 新场气田开发三部曲——描述、压裂和丛式

新场气田的立体规模开发采取解放思想,探索创新的思路,即走出三部曲——描述、压裂、丛式。

1)描述查储层:如何找准河道小砂体。用二维地震资料中描述找准砂体在川西属首次,成功率由30%提高到98%。

2)压裂成片活:在川西坳陷首次对J_{2s}压裂,从808井到811井2次试压成功。钻井成功率上升至98%,将整个新场气田各砂岩组盘活。

3)丛式上规模:浅层打丛式井,四川首次成规模采取“丛式+楼式”开发方案,实现低丰度气藏规模建产。

以上三部曲可说是川西中浅层开发的一种有效模式。一言以蔽之,川西致密、次生气藏的发现开发过程是不断突破已有观念与边界的过程^[5]。

2 哲学思维与成藏理论

2.1 烃气:多源性

有关油气源这一话题几百年来地质界一直争论不休,有“有机”学派,有“无机”论者,也有二者兼而有之的二元论者。国内外许多学者从不同角度、不同方法深入探讨了天然气的成因类型。由于天然气成因的多源性以及成熟作用、运移作用、混合作用等因素的影响,增加了天然气成因分类的难度,出现了众多成因分类方案^[6]。

2.2 储层:孔隙定

到目前为止,几乎所有具有一定基质孔隙度或裂缝系统发育的岩石中都找到了油气藏(包括泥质岩、火山岩、变质岩)。北美页岩气藏的孔隙度为4%~6.5%,平均5.2%,2007年24000口井,年产气 $450 \times 10^8 \text{ m}^3$,其分支水平井分段水力压裂,单井日产气 $11 \times 10^4 \sim 17 \times 10^4 \text{ m}^3$ (美国俄克拉荷马州Arkoma盆地)。储层只有储集体、孔隙度及其规模、丰度大小的区别,工业性储层与非储层是从量变到质变,并与工业技术条件有关,其界限也随技术进步而调整。

2.3 盖层:相对性

这一概念是对上下岩层相对渗透性而言,即相对渗透率低的岩层可以成为相对高渗透率岩层的盖层。从压力角度讲,即油气突破压力高的岩层可成为突破压力相对低的岩层的盖层。页岩气开发实践表明,生烃泥页岩层既是常规气藏的盖层,其自身也是储层。

2.4 圈闭:开放性

圈闭是由于不渗透或渗透性较差的岩层形成或者由于岩性的侧向发生结构上(密度)的变化所形成的具有三度空间又遮挡又开放的体系。特点表现在:①多

种多样,有构造、岩性、地层、断裂等圈闭,有多元混合圈闭;②圈闭具有相对性与暂时性,有的圈闭能封住油,但不能封住气,构造形成的圈闭,又随时间逐渐演变,从非圈闭到有效圈闭到圈闭破坏,而其中的油气也随之演变,或是富集,或是散失。研究资料表明,若圈闭中散失量大于补给量,在地史中很短时间油气藏就被破坏掉。叶军研究认为^[7],油气藏若无补给,将在20~40 Ma散失殆尽。因此,所有的油气藏都是一个暂时的、相对的动平衡系统聚集的地质体。而页岩气藏便是集生、储、盖、圈为一体的气藏,它表明4要素组合丰富多彩,如何评价与人们的思维方法有关,思维不同便有可能产生截然不同的结论。

总之,油气藏形成的理论,应遵循实践唯物主义的观点,随着科学的进步,实践的发展,不断补充、调整与完善。陈云同志的十五字精义:“不唯书、不唯上、只唯实;研究、比较、反复”,可资借鉴。

3 油气系统工程中两种思维与成效

3.1 直线思维

直线思维属于低级、感性的思维,“只见树木,不见森林”的思维,即从局部看是对的,但与总体归属相矛盾。

3.2 曲线思维

曲线思维属于高级、理性的思维,列宁说“认识不是直线,而是无限近似螺旋的曲线,而曲线上每一个片段,都能被片面地看成独立而完整的直线,而这条直线能把人们引向‘只见树木,不见森林’的泥坑里去”。

3.3 油气工程系统的两种思维模式效应探讨

该系统有两个特色:①双隐性,气在地下的动静状况和工程作业与地下岩石的状况都有隐蔽性;②双无性,建井过程中没有中间产品,施工进程没有回头路。

由此便产生了各作业段与全系统最终成果关系,便有直线与曲线、树木与森林的关系,如钻进中的安全与储层保护问题:从安全考虑走直线,用加重钻井液压死、堵死缝洞,则安全,但油气严重污染,若不能压裂,则完井测试无产;又如测试走直线控压不当(为了安全),造成井底形成天然气水合物(固态冰),封堵出气口等,误判无产;再如射孔工艺走直线,误用劣质品,根本未打穿套管+水泥环,结果误判无产等。结果系统不圆满,首尾不归一。

3.4 “首尾归一”的环型模式

唯物辩证,“首尾归一”的勘探模式,由于地下天然气的动、静隐蔽性、作业于地下岩石的隐蔽性,作业中常产生两种思维方法,即两种运作线路是站在林中看树木,还是只看独木:①曲线,起始归一,即起始为获得

产能,最终回到目的;②直线,图中暂列7个环节,都可能出错,任意一个出错,均不能回到起始点而失败。只见树木,不见森林,则越轨难归一,如图1所示。

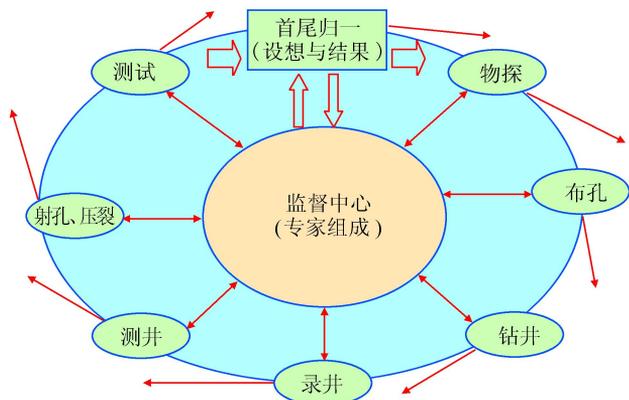


图1 油气系统工程首尾归一模式图

3.5 如何理解“首尾归一”的环型模式图中的模块

1)总体思路:各个专业施工方要“为园林育树”,将勘探总目标比喻为树林,一项作业比喻为一株树苗,育树必须符合总体目标。

2)首尾归一:①钻井目标,要有希望的产能,评价;②最终的结果,应达到希望的产能,资料翔实、完整。

3)物探:“形变”——构造隆起、拗陷、断裂破碎的状况可信度,参数精度。

4)布孔:成藏模式(思路),具体依据。

5)钻井:是发现气层、保护气层、建好通道、取全资料的过程。务必做好“储层保护,优化钻井液性能、缩短浸泡时间,确保井眼质量”。

6)录井:钻时、钻井液、气情、水情、岩性、记录等齐全准确。

7)测井:通过伽马、电阻、声速、电位、井径等资料,达到准确判断储层和产能。

8)射孔、压裂:射孔要位置准、密度大、穿透深;压裂要砂量适度、反排率高、缝长无堵。

9)测试:替喷降压合理、返排控压适度、无结冰无反堵。

一口探井涉及多学科、多环节,加上井内作业的隐蔽性。运作体制与产业特点的统一性,更加重要。

总之,首尾归一模式要求:设计方案时钻井目标要明确,完井要达到希望的产能,资料应翔实、完整,未达到钻井目标应进行分析和总结。在图1中任一环节作业都可能产生直线与曲线两种效果,而只有符合天然气发现、建井、试测的特有的规律的曲线方式运行,才能归一,才能圆满。

3.6 如何做好“首尾归一”和评估

3.6.1 实施捆绑运行体制

建立作业队伍与最终成果捆绑一体的体制,或叫作业与效益挂钩。

3.6.2 加强监督

对天然气勘探这类“双隐”、“双无”的产业,能否有效监督事关成败,由谁来监督呢?由主管领导挂帅的各专业系统的专家组成机构实行现场监督。

3.6.3 科学评估

实践唯物评气层,唯物辩证评产量。

1)资源评估:实践唯物看产能——看实践中是否有气,有超压,有储层,有水等。

唯物地看待实践已获得符合成藏理论的实物和数据(生、储、运、聚、保模式)。如钻井中,有气产出,有超压,有储层,不含水,理应有产,这也可叫以“实践唯物主义”看产能。

2)唯物辩证看产量——天然气地下动静隐蔽性强,地下作业过程的隐蔽性强(双隐多解)。

唯物辩证地看实践运作:既有符合实情的科学作业、又有不当的作业,也存在技术难度大的一面,同时也存在因现阶段技术局限难以达到的一面。

辩证地分析作业过程与成果的关系:获产的有产能,但不获产的不一定就无产能,有产能是否有产量,它受钻进污染程度、录井测井认识判断准确度、射孔穿透否、测试反堵否等的多种因素的制约。既不能在获产时冲动、盲目,也不能在无产时简单下结论,悲观、放弃。既要实事求是,又要辩证思维。

总而言之:气道非常道,哲学有其妙;实践验真理,井口油气笑。

参 考 文 献

- [1]符晓,舒文培.四川盆地西部天然气资源与勘探开发[M].武汉:中国地质大学出版社,2000.
- [2]符晓.川西三套成藏系统及勘探研究[J].西南石油学院学报,2004,26(6):13-16.
- [3]王金琪.超致密砂岩含气问题[J].石油与天然气地质,1993,14(3):169-180.
- [4]郭正吾,韩永辉.四川盆地碎屑岩油气地质图集[M].成都:四川科学技术出版社,1995.
- [5]符晓.理论、经验、思维与成藏预测[M].世界学术文库.北京:中国言实出版社,1999.
- [6]戴金星,裴锡古,戚厚发.中国天然气地质学:卷一[M].北京:石油工业出版社,1992.
- [7]叶军.川西海相天然气勘探难点及对策[J].天然气工业,2008,28(2):17-22.