

中国大北方上古生界油气勘探新领域 (代序)

张 抗

ZHANG Kang

中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院, 北京 100083

Research Institute of Petroleum Exploration & Production, SINOPEC, Beijing 100083, China

摘要: 所讨论的“大北方”主体为具相对活动性的中亚陆间区和准噶尔、阿拉善、柴达木一类的小断块。过去认为其上古生界属变质基底或缺失而不作为油气勘探的对象, 即使在准噶尔盆地也只把一部分列为生、储油层。21世纪以来有了许多新认识, 认为本区存在未变质的海相层发育的巨厚的上古生界, 在中、新生界覆盖区可有厚达数千米的实体保存, 其中有多套生烃岩系, 见有多类油气显示且已发现多类型的油气田(藏), 应将其作为油气勘探的新区域, 并作为中国油气勘探战略接替区的指向之一而作进一步的基础研究, 为勘探指明选区。

关键词: 大北方; 上古生界; 生烃岩系; 战略接替

中图分类号: P534.4; P618.13

文献标志码: A

文章编号: 1671-2552(2011)06-0803-08

Zhang K. New domain of Upper Paleozoic hydrocarbon exploration in “Large North” of China. *Geological Bulletin of China*, 2011, 30(6):803-810

Abstract: The main body of “Large North” is a small fault block lying in relatively active central Asia intercontinental area, such as Junggar, Alxa and Qaidam. Upper Paleozoic was previously not regarded as the petroleum exploration target in that it was thought to be a metamorphic basement and the Upper Paleozoic strata were lacking; even in Junggar basin, only a part was considered as the source bed and reservoir. Since the beginning of this century, much new understanding has appeared. There exist huge thick unmetamorphosed marine Upper Paleozoic strata as well as several thousand meters of Upper Paleozoic strata in Mesozoic and Cenozoic cover bed in this area; in addition, several sets of hydrocarbon source rocks and multiple oil gas shows as well as several types of oil-gas fields (reservoirs) have been founded. Upper Paleozoic strata of Large North should be regarded as a new field of oil and gas exploration which is worthy of further basic studies as one of the oil and gas exploration strategic replacement bases in China. On such a basis, new exploration targets are likely to be indicated.

Key words: Large North; Upper Paleozoic; hydrocarbon source rock; strategic replacement

1 大北方的范围

本文中的“大北方”泛指中国昆仑山—秦岭以北的地区。该区两大稳定地块——华北地台(断块区)和塔里木地台(断块)^[1-2]上的老油区仅在讨论古地理时被涉及, 不作为新区开拓的对象。因而本文讨论

的“大北方”主体就是传统地质意义上的“相对活动区”, 包括准噶尔、柴达木、阿拉善这样的较小断块, 以及二连浩特和东北地区。除阿拉善外都被归属于天山—兴蒙地槽区或褶皱带、造山带^[3-4]。需要指出的是, 随着研究的深入, 在该区内不但划分出不同时代的地槽—褶皱系、大小不等的地块, 还标识出不同时

收稿日期: 2011-03-23; 修订日期: 2011-04-19

作者简介: 张抗(1940—), 男, 教授级高级工程师, 从事油气地质和能源战略研究。E-mail: zhangkang@pepris.com

代和不同性质的缝合带、拼贴带等^[5-6]。石油地质上包括准噶尔盆地及其周缘的盆地群(特别是吐哈、三塘湖盆地)、银(根)–额(济纳旗)盆地、巴彦浩特盆地、柴达木盆地、二连盆地、海(拉尔)–塔(木察格)盆地、松辽盆地及周缘盆地群)。为了讨论方便,文中把这个巨大的东西向地带分为东、中、西 3 段:东段包括内蒙古中部至东北地区,中段为阿拉善至柴达木地区,西段指新疆北部。

油区的勘探开发都要经历由盛到衰的生命历程,为了持续增产或相对稳产要对其进行战术接替和战略接替。战术接替指在老油田(区)内挖潜,提高勘探程度和采收率,增储上产。战略接替则要开拓新油区,往往意味着开拓新领域、新层系和新类型,要求在石油地质理论和勘探技术方法上创新,要求进行大量具有前瞻性的基础性地质研究和相应的综合研究^[7]。本文所讨论的问题正是这种新区、新领域的开拓。20 世纪后期中国在稳定东部(老油区)的同时,进行了以开拓西部(北)、发展海上为主体的新区新领域战略接替。到 21 世纪初全国石油总产量仍保持相对稳定并略有增长的局面。为了实现至 21 世纪中叶石油相对稳产,迫切需要进行新区、新领域、新层系的开拓,实现新的战略接替^[8]。

2 20 世纪后期对本区的基本认识

2.1 东段:东北和内蒙中部地区

早期地质工作发现本区古生界(实际上主要是下古生界)多为变质岩,形成了其属于华北–塔里木与西伯利亚 2 个前寒武纪地台间的所谓的中亚陆间区的宏观认识^[9],认为其属于地槽区、活动带。该陆间区最终闭合时间为二叠纪至侏罗纪、白垩纪,自西向东时代变新^[4-6,9-10]。在石油地质上把中生界之下统统列为盆地基底而不作为勘探的对象,即使承认地表和井下有含化石的石炭系和二叠系也未引起重视,或按其属于基底的认识将其描述为板岩等^[11]。

至 20 世纪末,不少新发现已向传统认识发出了挑战,可归结为:①地层学研究发现本区普遍存在未变质的上古生界。其陆相地层中有特提斯–华夏植物群和北方–安格拉植物群混生现象,海相地层,特别是二叠系中也有南北两大区生物混生的现象,甚至可划分出一个与南北两侧都有一定联系的独特的生物群^[12-13]。②在大地构造属性上中亚陆间区内发育有若干相对稳定的小地块,它们可能是古大陆的

碎块,在演化中有不断拼合的趋势^[14]。③地表剖面上烃源岩、油气苗等的地球化学研究证明了其具有生烃能力并已发生过生烃–成藏过程。④在勘探中发现有钻井标定的中生界底地震反射层之下还存在可追踪的反射界面,其厚度可达数千米,从出露地层的层序和重、磁、电、震等的联合反演看,似乎应属上古生界。尽管有上述新认识,但作为主流,决策者仍不把该层系作为勘探对象。当时的向深层发展或“大庆下面找大庆”仅限于 3km 左右的深度或向拗陷层(松花江群)下面的断陷层(白垩系底部)开拓。

2.2 中段:阿拉善、柴达木地区

阿拉善地区的北部是传统认识中的天山–兴蒙褶皱带^[1],其出露的海相上古生界久为地质界所知,但因露头上似乎缺乏良好的生烃岩,并认为已长期暴露于地表或有变质而不为石油地质学家所重视。该区南部在构造上似一三角形的具独立性的断块^[2],被认为是长期隆起的内蒙地轴的一部分,古生代为隆起的古陆^[1]。总之,直到 20 世纪末没人想到在这里的古生界找油气。

在祁连山北侧的走廊过渡带和贺兰山地区发现与华北区有一定差别的石炭系–二叠系,其中石炭系有相当大的厚度并发现油苗,曾引起石油勘探者的关注^[15]。相邻的巴彦浩特盆地近阿拉善边缘的断陷内发现埋于中–新生界下的厚层石炭系,井下见良好的生烃层并见油显示^[16]。这一发现没有引起人们的重视。

与此类似的是南祁连–柴达木北缘的石炭系,地表剖面显示其应有生烃岩层存在,但由于该区古生界已变质,盆地内没有分布,生产单位未将其列入生储层系^[17]。值得提出的是有一些研究单位有不同的认识。地质部石油地质综合研究大队在 1990 年完成的报告中就肯定了包括本区在内的西北区石炭系的含油气远景,汤良杰等^[18]认为柴达木北缘德令哈拗陷存在下石炭统生烃岩。

2.3 西段:准噶尔盆地及其周缘地区

无论是准噶尔盆地为震旦纪后裂离的古中国大陆碎块^[2]的观点,还是其为具“双基底”的海西褶皱带内的年轻地台^[19]的认识,都认为有石油地质意义的盆地盖层起始于二分方案的上石炭统(相当于维斯发阶的石钱滩群)。而把仅在个别地方有变质现象的滴水泉组(下石炭统)、巴塔玛依内山组(中石炭统)等归入“基底”的范畴,但是它们除发育火山岩外还

见到可生烃的暗色泥岩“夹层”^[20]。这些认识虽然肯定了准噶尔盆地石炭系—二叠系的勘探地位,但对石炭系的生烃潜力及其在成藏中的作用估计不足,以致中国石油天然气总公司(以下简称中国石油)专门负责新区勘探的部门在论及准噶尔盆地的天然气时仍未把石炭系列为工作对象^[21]。在以石炭系—二叠系为目的层的石油勘探中,到 20 世纪末仍仅局限在盆地西北缘克拉玛依—乌尔禾断裂带上、下盘,在该带发现了以火山岩为储层的油藏后,认为该带上这一领域的“油气勘探基本结束,不会再有大的发现”^[22],以致 20 世纪 90 年代在盆地内的石西、石南发现石炭系油藏时,认为其是上生下储的“基岩油藏”^[19]。认识的局限使准噶尔盆地及周缘(包括三塘湖、吐哈盆地)新领域的开拓受到明显的影响。

3 近期对本区的新探索

过去中国的石油工作几乎完全集中于各大石油公司,新区新领域油气开拓的基础地质工作受到很大的影响。一批长期从事油气勘探的专家多次疾呼,要求站在国家层面上重新组织产学研相结合的新区开拓。21 世纪伊始中央有关部门采纳了这一建议,由国土资源部组织用国家经费开展该工作。2002 年开始筹划,2004 年正式启动了《全国油气资源战略选区调查与评价》项目,分批开展了一系列项目。与本文讨论内容有关的有《东北中新世断陷盆地群油气资源调查及评价》和《大庆探区外围中新世断陷盆地群演化与油气远景评价》^[23]。国土资源大调查项目分批设立的油气基础地质调查项目有若干对准噶尔盆地及周缘、阿拉善地区、二连—东北地区的专题性调查研究。笔者作为项目外专家不同程度地参与了以上各项目的工作。三大石油公司参与或组织了某些项目并开展了与新区开拓有关的研究。特别值得指出的是“十五”期间中国石油实施的《中国北方气区石炭—二叠系划分对比、古环境研究及油气远景评价》项目,在东北区各分公司进行的子课题还出版了专著^[24-25]。这些工作对大北方上古生界的研究取得了许多创新性的认识。

3.1 东北—二连地区

吉林大学承担的《大庆探区外围中新世断陷盆地群演化与油气远景评价》项目不但对中新世盆地演化提出若干新见解,还对上古生界作了系统的研究工作。在大量地层实测剖面的基础上对地层、

古地理、火成岩、构造进行了专题研究,可将其成果概括为以下几方面。①晚古生代若干块体拼合成较大的佳木斯—兴蒙(简称佳蒙)地块,其北界为蒙古—鄂霍次克缝合线,南界为西拉木伦—延吉缝合线,东界为中锡霍特缝合线。②相对稳定块体上的上古生界被动大陆边缘沉积中火山岩较发育,但没有经历区域变质作用,从伊利石结晶度等指标看多数处于高级成岩阶段。③在陆相和海相地层中发育良好的烃源岩,并见到大量油气显示^[12,25-27]。

上面提到的中国石油“十五”研究项目不但对东北地区的晚古生代地层作了对比研究,还特别对松辽盆地和渤海湾盆地下辽河拗陷内的上古生界进行了追踪。地表剖面、钻井、地震资料显示,上古生界在盆地内大面积分布,勾画出其古地理轮廓,特别是绘出了粗略的烃源岩等厚图、生烃指标和不同时期的 R_o 等值线图^[23-24]。“十一五”期间大庆油田和吉林大学在松辽盆地北部,吉林油田、中国石化东北分公司和中国地质调查局在松辽盆地南部,华北油田和中国地质调查局在二连盆地进行了更深入的工作,在更多钻井、地震等资料标定下开展的地质—地球物理综合解释更进一步证实这些地区在中生界之下有上古生界大面积分布。

3.2 阿拉善地区

2006 年中国地质调查局西安地质调查中心接受阿拉善地区石油地质调查项目时,初选目标仍是已进行过多轮工作的中生界盆地群。笔者建议以可能成为勘探新领域的上古生界为探索对象,可喜的是,项目组和有关领导同意了这一建议。经过数年艰苦工作,许多问题开始明朗起来。首先,大量地层剖面实测、样品测定和地层综合研究提供了丰富的基础资料,构造研究消除了许多剖面上地层重复带来的厚度失真,轻微覆盖区段的(浅)坑探和槽探恢复了曾被忽略的细碎屑岩的面貌,从而初步勾画出晚古生代的古地理、古构造乃至有机质的热演化历程,整个地区为古生代古陆的传统概念被打破了^[28-29]。其次,在不断积累的大量物性数据的基础上,重视地震和少量钻井标定的约束条件,进而反复进行电、重、磁资料的地球物理和地球化学反演,揭示了在中—新生界之下有厚达数千米的上古生界存在^[30]。此外,对该区上古生界的大量研究表明存在多套生烃岩层,亦发现多处油气显示,在大剖面上化探的烃类异常段恰与下伏上古生界段吻合,说明其具有生

烃潜力和曾有过成烃运移过程^[31-32]。这些认识在本期其它文章中有详细的论证,此处就不多赘述了。

3.3 柴达木地区

21 世纪初在《柴达木盆地油气资源战略调查与评价》立项时,许多人(包括项目执行者)对将石炭系列入该区勘探新领域尚存疑义,经过第一轮工作,第一线的地质学家对此已初具信心。首先,认真对比了全区的石炭系—二叠系,不仅包括柴达木盆地东北缘和北侧,而且延至昆仑山前和阿尔金山,用大量实验资料评价了生烃岩的特点和时空展布^[33-34]。其次,初步的地球物理综合解释认为,盆地中新生界之下存在上古生界,保存在北侧的德令哈等小盆地中和柴达木盆地东北、南部地区,盆地中部可能为隆起^[35]。但应指出,似乎该区的勘探指导者对其意义的认识仍显不足^[36]。中国地质调查局委托地质力学研究所继续进行更深入的工作,两年多来又取得若干新进展。①在北缘井下见到原油和天然气源于石炭系的有机地球化学证据^[37],还发现在古近系—新近系、侏罗系的原油中有可能混有来自石炭系的原油。地质力学研究所马寅生等在下伏有石炭系的第四系残、坡积物中发现呈片状分布的油苗,笔者将其与在中宁上河沿所见的^[15]进行对比,认为其有凝析油(气)“活油苗”的可能。②在充分利用钻井和地震资料对电、重、磁资料进行更深入地解释后认为全盆地腹地可能都有上古生界,厚度中心大致成 NW 向条带状分布,厚度可达数千米。

作为借鉴,可分析柴达木盆地北邻的河西走廊和鄂尔多斯西缘地区。早古生代已形成的走廊—贺兰三叉裂谷系^[38]在晚古生代开始新的开合旋回,在祁连山前呈带状分布的泥盆系磨拉石之上石炭纪裂谷系再次活动。恰在三叉裂谷系的中心晚泥盆世湖相紫红色泥岩(夹灰绿色层并可有铜矿化)与早石炭世前黑山组呈整合接触(中卫菊花台)。从裂谷中心向周围/两侧既可见到同一地层厚度变薄,又可看到上覆地层逐层超覆。这导致宁夏中卫—中宁一带纳缪尔阶羊虎沟组在 20km 左右可由厚 2~3km 减至 100~200m,由下石炭统与泥盆系整合、平行不整合变成上石炭统太原组与奥陶系呈超覆不整合^[15,38]。柴达木盆地及周缘与上述北祁连—走廊地区晚古生代构造格局和演化有一定的相似性,笔者推测由柴达木盆地边缘向盆内应出现石炭系地层超覆、变薄的现象,但不排除在盆地(地块)内部仍有裂谷发育

而导致局部地层较全、厚度加大,这应以更细致的研究去验证。

3.4 准噶尔地区

20 世纪末不但在西缘发现了石炭系—二叠系油藏,而且在盆地中部和东部也发现了油和大量油气显示,特别是证明它们确实以石炭系为源^[39],对地表和井下地层的新认识也揭示了厚度相当大的下石炭统烃源岩。这促使 2005 年开始在盆地东部和北部以石炭系为新领域的油气勘探,2008 年发现了克拉美丽大气田^[40],而后勘探向盆地腹地和东侧的三塘湖、吐哈等地区延伸。规模日趋增大的勘探和相关的研究取得了丰硕的新成果,可概括如下。

(1) 证明下石炭统存在及其良好的生储烃性能

前已述及,过去认为盆地最底部为上石炭统钱石滩群^[20],系统的新研究证明其下还有上统巴塔玛依内山组(巴什基尔阶)和下统滴水泉组、塔木岗组。上、下统间有明显的不整合,下统比上统更发育海相沉积和细碎屑岩,有机质更偏腐泥型。上统巴塔玛依内山组的火山岩是重要的储层,该组中段也是重要的生烃层,有机质更偏腐殖型^[39-40]。石炭系在中心呈条带状展布,厚可达数千米,火山岩和碎屑岩在平面上呈“互补式”相间分布。彩 16 井揭示下统厚 623m,其中生烃岩厚达 241m;彩深 1 井见上统厚 3060m,其中生烃岩厚 520m。

(2) 上古生界具有陆内裂谷沉积的特征

从目前的研究结果看,准噶尔盆地及周缘至少有 3 条 EW—NWW 向裂谷:三塘湖—乌伦古—布尔巴津(斋桑)、克拉美丽山(南侧)—五彩湾(凹陷)—三南(凹陷)—中拐(凸起)—塔城和吐哈(盆地)—博格达山—伊连哈比尔山—伊犁。其中后者与北山—北天山带大体相连(它们可能有更复杂的裂谷平面分枝和纵向结构),以火山岩、中基性岩体更发育和轻微变质为特点^[41-43]。据何登发等^[44]和肖序常等^[45]的研究,至少准噶尔盆地南、北缘的石炭纪裂谷继承了泥盆纪陆间活动带而发育。这种分布虽然反映的是剥蚀后的状况,但也能大致反映出古裂谷的特点,表现为:从裂谷中心向两侧不仅厚度变薄而且地层逐层超覆,裂谷中心可出现泥盆系(甚至与其整合接触)和下石炭统最底部的地层;裂谷中心各系、组地层间多为整合或缺层甚少的平行不整合,向两侧多超覆呈缺层较多的平行不整合或角度不整合。裂谷带内以相对隆起分为若干断陷,它们可呈斜列状,也可因后期

剥蚀而呈断续状。裂谷最发育处可出现局限性洋壳(如巴音沟蛇绿岩、柳树沟组基性火山岩—放射虫硅质岩)^[45]。这些裂谷带间可有斜向分枝(凹陷)相连,并在多处呈现“三叉裂谷”的形态。

(3)已开始系统的油气勘探,发现油田和大气田

前已述及,20世纪主要在准噶尔盆地西缘进行以上古生界为目的层的油气勘探,且多集中于二叠系。21世纪初的新认识指引勘探向盆地中部、北部和东部的石炭系发展并进而扩展到吐哈和三塘湖盆地,发现了一批新油田(藏)。已列入2009年全国各油气田储量表的累计探明储量有:准噶尔盆地东部克拉美丽气田(气层气 $1053 \times 10^8 \text{m}^3$ 、溶解气 $1.24 \times 10^8 \text{m}^3$ 、凝析油 $880 \times 10^4 \text{t}$ 、黑油 $156 \times 10^4 \text{t}$),三塘湖牛东油田(稀油 $5025 \times 10^4 \text{t}$)。准噶尔盆地西缘以岩性油藏(包括火山岩储层)为精细勘探目标,到2007年新增探明储量超过 $1 \times 10^8 \text{t}$,控制和预测储量超过 $2 \times 10^8 \text{t}$ ^[44]。

从烃源岩演化来看,盆地不同部位的上古生界烃源岩热演化史和埋深不同,成熟度差异很大。总体上在陆梁隆起及其以北仍有石油保存,其南则以气为主。值得注意的是,在莫索湾凸起上的莫深1井7500m上下的石炭系火山岩中仍见油气显示,储层温度为 154°C ^[46]。从成藏看有大量自生自储和上(古生界)生下(基岩)储的原生、准原生的油、气藏,也有储于上覆地层中的次生油、气藏。准噶尔盆地及周缘上古生界勘探的重大进展对有类似条件的大北方其它地区很有借鉴意义。

4 对本区晚古生代油气发育特点的初步认识

4.1 经历了复杂的开合旋回

早古生代开合旋回的末期,本区许多大陆型地壳小断块逐步拼合,形成了更大更稳定的块状地质体,如佳蒙地块。但仍有些早古生代陆间活动带没有闭合,在晚古生代开合旋回的拉张阶段^[47]继承性地发育,往往有陆间裂谷的特点,可形成局限性的小洋盆,发育深水欠补偿沉积和基性—超基性岩。与此同时,在晚古生代地块上形成陆内裂谷,往往在前期拼合带和基底断裂带上首先发育。遵循开合构造旋回中的共同规律,无论是陆间裂谷还是陆内裂谷都有兴衰的历程,早期的线性断陷可早衰(夭折)而转化为隆起,亦可衰退而成大面积超覆的坳陷。这种演化多受次级开合旋回的影响,而不同次级旋回的建造

可以在前期基础上继承发育,也可转移至新的地点开始断—坳的历程。从区域上看,晚古生代可有3个次级开合旋回或发育阶段:泥盆纪—早石炭世、晚石炭世—早/中二叠世和中—晚二叠世(局部可延至早三叠世?)。值得注意的是,各开合旋回(包括次级旋回)之间由于构造条件(如区域应力场)的变化,其古构造线(如断陷和坳陷的走向)的方向发生改变。还必须注意到各开合旋回(包括次级旋回)的起始时间可在区域的“大同”背景下有一定的差异。晚古生代开合旋回在本区的最底部地层可以是泥盆系下统(甚至可能与志留系整合)、中统或上统,也可以是石炭系和二叠系的不同层位;在其末期可以在石炭纪和二叠纪的不同时期转化为隆起,但局部也可能出现三叠系(陆相杂色碎屑岩)连续沉积,如大兴安岭的北段早三叠世老龙头组与晚二叠世林西组。显然,晚古生代的构造演化呈现时间/空间的复杂性,在泥盆纪—早石炭世阶段表现更为强烈。这种构造演化的复杂性和岩浆活动的活跃性(多次大面积发育的火山岩系和一定强度的侵入岩),都表现出具相对活动性的特点,与古老稳定大陆块(如南侧的华北区)上的晚古生代开合旋回有所差别。

因为本区上古生界的主体发育在相对稳定块体上的陆内裂谷系内,因而在后期的改造中没有经历区域性的变质作用。

4.2 具有可生烃的层系

本文所讨论的地区前人或不作为油气勘探目的层(东段和中段)或仅以部分为目的层(西段),原因除认为这些区域已经历区域变质外,还认为区内缺乏良好的生烃岩层。现在看来不但有多套具生烃潜力的层系,而且与南侧相对稳定的古老地块对比还有若干特点:①生烃岩类型多且海相烃源岩较发育。南侧华北断块区上古生界仅有石炭系—二叠系海陆交互相煤系生烃,塔里木断块仅有不厚的滨海相泥岩、灰岩生烃。但本文所讨论的地区从泥盆系到二叠系均可发现生烃岩层,其海相层发育直到上二叠统。值得注意的是烃源岩厚度大、单层厚度亦大,还发育与火山岩共/互生的烃源岩。②由于地层向地块内超覆式发育,大面积发育的烃源岩主体或为石炭系(柴达木)或为石炭系—中二叠统。

整体看来,烃源岩成熟程度偏高,但不同地区的差异大。由于处于相对活动的构造背景,经历的构造热事件多,特别是有些经历深埋而有机质多处于高

熟—过熟阶段,生成和保存的烃以气态为主。但也有一些地区中、新生代处于相对隆起状态,上覆地层缺失多,总厚度亦不大,因而热演化程度低,处于成熟和低熟阶段,对比准噶尔盆地腹地及其北缘、东缘就可对其差别有深刻的印象。因而勘探时应气、油并重,还应注意凝析油和溶解气。

4.3 地下可能有相当厚的上古生界保存

寻找具工业价值的油气要求勘查目的层不能大面积地暴露于地表。若如此则油气必耗散殆尽,只能留下沥青或无工业价值的油气。几年来的研究工作,特别是有钻井标定的震、电、重、磁地质—地球物理综合解释证实,在中、新生界覆盖层之下可能有上古生界保存。既包括松辽、二连、准噶尔、柴达木、银—额这些较大的盆地,也包括三塘湖、吐哈这样的较小盆地,甚至包括大兴安岭的侏罗系火山岩和煤系分布区。在中、新生界覆盖区,目前用传统的以中生界为主要目标层的地震方法尚难得到上古生界底部的反射界面,室内处理技术大多只能使其上部的某些反射层得到加强。这时上述综合解释所得到的上古生界底面和相应的上古生界厚度就有重要的价值。这些资料表明,在许多地区上古生界厚度可大于千米,甚至可达数千米或万余米,而在松辽盆地内上古生界厚度大的地区恰为中生代的隆起区,这有利于以钻井揭示上古生界的较大厚度,使参数井尽可能多地揭示保存的地层。以上的认识哪怕有一定的误差也会使油气勘探者感到振奋:这套有生烃潜力的地层可以作为勘探实体,可以作为待开拓的新领域。上古生界存在较多的火山岩,过去曾认为是不利于生储的负面因素,近年来的实践已使人们解放了思想,在评价中注意到亦存在有利成藏的因素。

4.4 后期经历了程度不同的改造

晚古生代末期处于开合旋回的“合”的挤压背景下,越来越多的地区处于隆起剥蚀状态,造成大部分地区三叠系(特别是下、中统)缺失。而后中、新生代该区主体仅发育多期以陆相地层为主体的裂谷系,这意味着在中、新生代沉积区多为狭长的断陷,仅在准噶尔和松辽盆地中生代、柴达木盆地新生代的一定时期内有大面积的拗陷,本区的大部分地区都因隆起而成为剥蚀区。隆起剥蚀造成部分上古生界实体消失,不仅使当时已形成的近古地表的油气被氧化降解和散失,而且给恢复原型盆地的研究带来困

难。特别要指出的是,上述多期发育的裂谷系的构造格局并不一致,每期的隆起剥蚀区不一定与前期吻合,这就使后期改造变得十分复杂,影响了对改造史的恢复^[48]。

本区在晚古生代末期—中生代有强烈的岩浆活动。如东段的同位素测年结果表明,晚二叠世—晚三叠世(200~270Ma),特别是早、中侏罗世(170~190Ma)有强烈的岩浆活动,除了形成大量火山岩外还形成大量以花岗岩为主的侵入岩^[12]。岩浆活动不但造成附近沉积岩的变形和变质,而且作为构造热事件影响有机质的演化。多期的挤压形成多期形变,在断块边缘和断裂附近相当强烈。包括走滑在内的断裂还造成晚古生界地质体的位移、前期构造线的错断和附近地层的动力变质^[49]。这些后期改造增大了对原型盆地恢复的难度。

总之,改造作用是影响油气藏赋存与保存的重要因素,随着研究和勘探工作的深入,被重视的程度也将提高。

5 进一步工作的建议

大北方区上古生界对油气勘探来说是新区新领域的开拓,处于规模勘探前的早期盆地评价阶段,还要深入开展石油地质的基础研究工作。在研究中一方面要继续进行现行的各单位分区、分段的工作,另一方面要以大区为着眼点进行区域性的统一研究和分区比较评价。

5.1 对地层进行精细的研究

地层是地质(特别是石油地质)工作的基础,从油气勘探的角度看还需做大量工作以夯实基础。①继续进行路线观察和地层剖面测量,特别注意地层单元的完整性,找到可靠的顶底界线并弄清接触关系。②不仅要完善以组为单位的地层对比,而且要尽量细分为段,建立标志性的岩性和古生物组合。特别要注意对微体化石的研究,如果可能应建立化石带,为今后井下地层对比提供依据。③针对本区的特点应重视对火山岩的研究,追踪其与沉积岩的横向变化,进行岩石学、包(裹)体和地球化学测试(为分析大地构造性质提供依据),进行多方法的同位素测年和裂变径迹研究。

5.2 开展古地理、古构造研究

该项工作仍处于区域格架性研究阶段,应强调突破目前各单位所局限的有时仅为年度性的“工区”

界限。在基础图件上应注意其构造分区界线的厘定并涉及到相邻的构造区,这样才能显示出本区的特点。①目前认识程度较高的是东段的佳蒙地块和西段的准噶尔地块。笔者认为在晚古生代,特别是中、后期二者可能是相连接的,有可能更往西与中亚的“土兰地台”相接。如是,这个地质体的南北界线如何厘定?其不同区段间有何差异?②在上述区域内,特别是在晚古生代早、中期,裂谷(沉积中心和/或火山岩发育中心)是如何发育和转移的?这涉及到区内的若干条大断裂的时空发育,涉及到有无局限性洋盆存在。③晚古生代及其次级开合旋回或演化阶段的划分还不够明朗,在不同地段的起止时限也应有所差异。④古生物地理分区和古构造分区之间的联系和差别,古构造性质(如陆壳、洋壳,古主动、被动大陆边缘)与古地理特点之间的联系和差别。

5.3 加强烃源岩和有机地球化学研究

严格地说,在缺乏井下样品时这方面的研究有一定的局限性,但仍有必要对其进行更深入的工作。

①目前已有本区和邻区同类样品在地表、矿井和钻井之间地球化学指标、参数差别的资料,应进一步取样以研究它们之间的差别,对高演化阶段(残余)有机碳、 T_{max} 、热演化指标等的有效性作出分析。②对适合本区上古生界海相、陆相不同岩石的有效烃源岩的下限作出厘定,避免以少数标本评价大套(有时可超过百米)烃源岩,应以大量标本对其进行分段精细评价,特别应注意有无高效生烃岩存在。③对已发现的烃类显示(特别是油、软沥青等)进行多种地球化学测试,进行源岩和烃演化史的追踪。注意在上覆地层已发现的油气田(藏)中是否有晚古生代生成的油气混入的混源现象。

5.4 进行以上古界为目标的地震和综合地球物理解释并伺机布署参数井

已进行的少量以深层为主要目标的地震测线显示出对覆盖区评价的重要作用,今后应在条件不同的区块首先进行以上古生界为目的层的地震野外采集实验,在此基础上反复进行室内处理和解释。可以在取得较好的深层信息后部署基干性的概查测网。有了地震的控制就可大为改善包括电、重、磁资料的综合地球物理解释,并绘出比上一轮更可靠、更精细的上古生界顶底埋深图、厚度图,还可对不同地震层分别作出上述图件。

在上述各项研究的基础上有可能提出参数井

井位,一旦有一批参数井就可将本区的研究提高一个档次,有可能对含油气的远景作出更可信的评价,开拓新油气区的艰苦曲折的工作就可能迈入一个新阶段。

致谢:本文写作中使用了吉林大学、沈阳地质矿产研究所、西安地质矿产研究所、地质力学研究所等相关课题的资料,向张兴洲、陈树旺、卢进才、马寅生等及其课题组的同仁们致以谢意。

参考文献

- [1]黄汲清,任纪舜,姜春发,等.中国大地构造基本轮廓[J].地质学报,1977,51(2):117-135.
- [2]张文佑,钱祥麟,张抗,等.中国及邻区海陆大地构造[M].北京:科学出版社,1986:57-330.
- [3]李廷栋.中国地质:中国大百科全书·地质卷[M].北京:中国大百科全书出版社,1993:651-662.
- [4]潘桂棠,肖庆辉,陆松年,等.中国大地构造单元划分[J].中国地质,2009,36(1):1-28.
- [5]李春昱,汤耀庆.亚洲古板块划分以及有关问题[J].地质学报,1983,(1):1-10.
- [6]任纪舜,姜春发,张正坤,等.中国大地构造及其演化[M].北京:科学出版社,1980:1-124.
- [7]张抗.油气田的生命周期和战术战略接替[M].北京:地质出版社,2000:1-289.
- [8]张抗,周总瑛,周庆凡.中国石油天然气发展战略[M].北京:地质出版社,石油工业出版社,中国石化出版社,2002:1-777.
- [9]李锦轶.内蒙古东部中朝板块与西伯利亚板块之间缝合带的初步研究[J].科学通报,1986,31(14):1093-1096.
- [10]董申保,沈其韩,孙大中.中国变质地质图说明书[M].北京:地质出版社,1986:1-37.
- [11]大庆油田石油地质志编写组.中国石油地质志(卷二)(上)[M].北京石油工业出版社,1993:1-177.
- [12]王成文,金巍,张兴洲.东北及邻区晚古生代大地构造属性新认识[J].地层学杂志,2008,32(2):120-136.
- [13]王成文.晚石炭世腕足动物古生物地理区[J].吉林地质,1994,13(1):14-23.
- [14]谢鸣谦.拼贴板块构造及其驱动机理——中国东北及邻区的大地构造演化[M].北京:科学出版社,2000:1-260.
- [15]张抗.鄂尔多斯断块构造和资源[M].西安:陕西科学技术出版社,1989:101-370.
- [16]长庆油田石油地质志编写组.中国石油地质志(卷十二)[M].北京:石油工业出版社,1992:414-476.
- [17]青藏油气区石油地质志编写组.中国石油地质志(卷十四)[M].北京:石油工业出版社,1990:38-185.
- [18]汤良杰,金之钧,张明利,等.柴达木北缘构造演化与油气成藏阶段[J].石油勘探与开发,2000,27(2):36-39.
- [19]邱中建,龚再升.中国油气勘探(第二卷)·西部油气区[M].北京:石油工业出版社,地质出版社,1999:304-361.

- [20]新疆油气区石油地质志编写组.中国石油地质志(卷十五)(上)[M].北京:石油工业出版社,1993:37-210.
- [21]高瑞祺,赵政璋.中国油气新区勘探(第二卷)·中国陆上天然气勘探新领域[M].北京:石油工业出版社,2001:222-287.
- [22]侯连华,邹才能,匡立春,等.准噶尔盆地西北缘克一百断裂带石炭系油气成藏控制因素新认识[J].石油学报,2009,30(4):513-517.
- [23]沈安江,徐坤,杨建国,等.东北油气区石炭二叠系划分对比、古环境研究及油气远景评价[M].北京:石油工业出版社,2005:1-215.
- [24]刘晓艳,杜鸿烈,陈章明,等.松辽盆地边缘地表石炭一二叠系石油显示及其地质意义[J].地球化学,2001,30(4):390-394.
- [25]王成文,马志红,孙跃武.晚古生代海相地层——东北地区油气勘查的一个新层系[J].世界地质,2008,27(2):113-118.
- [26]冉清昌,迟元林,李荣西,等.松辽盆地烃源岩二次生烃资源潜力[M].北京:地质出版社,2011:1-110.
- [27]张大伟.中国油气资源战略选区若干问题的思考[J].地质通报,2006,25(9/10):1013-1016.
- [28]卢进才,魏仙样,魏建设,等.额济纳旗及其邻区石炭一二叠系油气地质条件初探[J].地质通报,2010,29(2/3):330-340.
- [29]卢进才,魏仙样,魏建设,等.额济纳旗雅干地区二叠系埋汗哈达组烃源岩特征[J].地质通报,2010,29(2/3):341-345.
- [30]李玉宏,杨高印,卢进才,等.综合地球物理方法在内蒙古西部额济纳旗及其邻区石炭系一二叠系解释中的应用[J].地质通报,2010,29(2/3):374-383.
- [31]卢进才,魏仙样,李玉宏,等.额济纳旗地区土壤油气地球化学特征及其意义[J].新疆石油地质,2009,1(2):6-8.
- [32]魏仙样,卢进才,魏建设,等.内蒙古西部额济纳旗地区 X 井油气显示特征与油气源探讨[J].地质通报,2010,29(2/3):360-366.
- [33]文志刚,王正允,何幼斌,等.柴达木北缘上石炭统烃源岩评价[J].天然气地球科学,2004,15(2):125-127.
- [34]段宏亮,钟建华,王志坤,等.柴达木盆地东部石炭系烃源岩评价[J].地质通报,2006,25(9/10):1135-1142.
- [35]杨超,陈清华,王冠民,等.柴达木盆地上古生界石炭系烃源岩评价[J].石油学报,2010,30(6):913-919.
- [36]郭璞,陈志勇,潘洪峰,等.柴达木石油地质基本特征[C]//付锁堂.柴达木盆地石油天然气勘探开发技术(卷一)[M].北京:石油工业出版社,2010:14-26.
- [37]邵文斌,彭立才,汪立群,等.柴达木盆地北缘井下石炭系烃源岩的发现及其地质意义[J].石油学报,2006,27(4):36-39.
- [38]张抗.论贺兰山裂堑(Aulacogen)[C]//内蒙古石油地质学会.鄂尔多斯西缘地质讨论会论文选集.呼和浩特:内蒙古人民出版社,1983:29-40.
- [39]杨斌,李建新.准噶尔盆地东部油区石炭系原油探讨[J].新疆石油地质,1992,13(2):171-178.
- [40]达江,胡咏,赵孟军,等.准噶尔盆地克拉美丽气田油气源特征及成藏分析[J].石油与天然气地质,2010,31(2):187-192.
- [41]向宝力,王绪龙,赵孟军,等.准噶尔盆地陆东—五彩湾地区石炭系源岩演化及成藏时序[J].石油与天然气地质,2010,31(3):347-352.
- [42]何登发,陈新发,况军,等.准噶尔盆地石炭系烃源岩分布与含油气系统[J].石油勘探与开发,2010,37(4):397-408.
- [43]余腾孝,曹自成,徐勤琪,等.准噶尔盆地北部古生代构造演化与石炭系烃源岩[J].石油与天然气地质,2010,31(1):90-97.
- [44]何登发,陈新发,况军,等.准噶尔盆地石炭系成藏组合特征及勘探前景[J].石油学报,2010,31(1):1-11.
- [45]肖序常,汤耀庆,李锦轶,等.古中亚复合巨型缝合带南缘构造演化[M].北京:北京科学技术出版社,1991:1-29.
- [46]朱光有,张水昌.中国深层油气成藏条件与勘探潜力[J].石油学报,2009,30(6):793-802.
- [47]张抗.断块开合说——我国大地构造研究中的新思维[J].地质论评,1999,44(5):449-455.
- [48]张抗.改造型盆地及其石油地质意义[J].石油与天然气地质,2000,21(1):38-45.
- [49]葛肖虹,马文璞,刘俊来,等.对中国大陆大地构造格局的讨论[J].中国地质,2009,36(5):949-965.