

塔里木奥陶系岩溶储集的油气前景

王金琪

(中国新星石油公司西南石油局,四川成都 610081)

摘要:塔里木奥陶系岩溶储集具有烃源多、深埋改造、叠合成藏及成藏的延续性和突跃性的特点,而叠合成藏则可能是寻找大油气田的主要方向。阿克库勒古隆起的发展与油气聚集关系十分密切,寒武-奥陶纪为油气大规模聚集时期,海西早期的构造运动奠定了溶蚀作用的网络基础,海西晚期运动则构成了特大型油气聚集的构造基础,中生代至中新世完善了对古隆起的全面封盖,是油气聚集成藏的顶峰。雅克拉断隆和沙西地区、塔中隆起区、玛扎塔克海西早期古隆起和巴楚西部等地区亦具有各自不同的良好储集条件,有的甚至已发现一批油气田,它们都有非常广阔的找油前景。

关键词:塔里木;奥陶系;岩溶储集;阿克库勒古隆起;岩溶油气藏;前景

作者简介:王金琪,男,72岁,教授级高工,石油地质

中图分类号:P618.13 **文献标识码:**A

1 勘探实践选择了奥陶系

80年代塔北、塔中油气的相继突破,曾涌起一阵热潮;但当塔北隆起南、东坡多口井失利后,曾出现了“晚期成藏”、“新层位找大油气”、“海西运动破坏”等影响较大的看法。这些观点,如仅限于某种特定条件或地区,都有一定依据,但作为塔里木全盆找油的指导思想,则易产生不良误导。因为研究证实寒武系、奥陶系为最主要烃源岩且广布全盆;而石炭系、三叠-侏罗系生油岩则有地区局限性。

寒武-奥陶系油气辗转迁移,晚期成藏不是塔里木的主体,早期富集而能保存下来的油气田方是塔里木能否成为世界级大油气区的关键^[1]。近年来,在塔河、阿克库勒、玛扎塔克和乌山大型油气田(O₁)的发现,多与风化面下的岩溶潜山有关,多直接面向生烃坳陷。海西两期构造运动,产生巨大挤压型隆起,大片奥陶系暴露溶蚀,随后被层层覆盖,是油气非常有利的聚集场所。

2 塔里木油气地质的几点思考

2.1 追踪烃源

“追踪烃源、反溯地史”在古老盆地中十分重要。在高丰度生油坳陷邻近的隆起上寻找富集油

气,是“油气系统”的基础,也是最高控油层次。根据三维盆地模拟资料^[2],寒武+奥陶系油气资源量占全盆约62%。最新研究资料显示*,塔北地区油气资源量达 88×10^8 t,绝大多数由寒武-奥陶系提供,占该区总资源量的67%,寒武-奥陶系生烃岩在不同时代、层位、深度、距离都会有相应贡献,而石炭和三叠-侏罗系晚期生烃的叠加作用,更是锦上添花。

2.2 深埋改造

塔里木晚期深埋改造,仅是最近几百万年的事件,它和青藏高原上升相对应^[3]。盆内晚期构造如柯克亚等形成约在1.5 Ma前^[4]。直到晚第三纪初,盆地除满加尔中心外,寒武-奥陶系埋藏并不很深,数亿年漫长时期即有利于不同深度烃源岩持续生成,亦有利于以海西期为主的各种圈闭持续聚集油气。按Hood A^[5]的见解,深埋时间短,高温有效受热影响要减小。塔里木盆地地下古生界在晚期仍保持巨大的生烃潜力,这在我国大油区中是绝无仅有的^[6]。

2.3 延续性和突跃性

塔里木油气生成和成藏期,不必定格于某一构造运动,可以是很长时间内的行为,源、储、盖、圈在时间窗口的配套往往曲折反复。有些要等其上盖

层沉积和成岩后,圈闭才开始起储存油气的作用。前期油气藏被破坏后,盆地再下沉形成新的封盖,新生成的油气还可进入老的圈闭,或者新的油气充注到老的油藏中,改变原油的性质,如塔河3号和4号原油的差别。塔里木东部在海西期以后,中生界-中新统稳定沉积了1 500~2 000 m厚地层,那些早期形成的各种圈闭,在这漫长时期内逐步形成油气藏。生油与成藏在老盆地的延续性观点,将启发人们去寻找更丰富的油气资源。

喜山晚期,塔里木出现大隆大拗及强烈挤压,形成大批新的圈闭和改造老的圈闭。原台地上寒武-奥陶系源岩迅速深埋达到生油高峰,石炭及三

叠-侏罗系源岩也进入成熟期,老油藏改造后大量油气重新调整分配。塔里木迎来一次突发性成藏期,特别在构造相对活动地区,非常有利于晚期成藏,如雅克拉、牙哈、柯克亚、玛扎塔克等地。

2.4 岩溶储集空间

下奥陶统溶蚀性油气藏在全盆地可能广有分布,图1为6个有代表性实例。塔河、阿克库勒、塔中、玛扎塔克为海西早期形成的岩溶储集体,其中玛扎塔克在喜山期构造重新聚集;雅克拉和英买力为海西晚期形成的岩溶储集体。除雅克拉、塔中1为下奥陶统下部溶孔白云岩外,其他都以下奥陶统灰岩溶蚀缝洞为主。

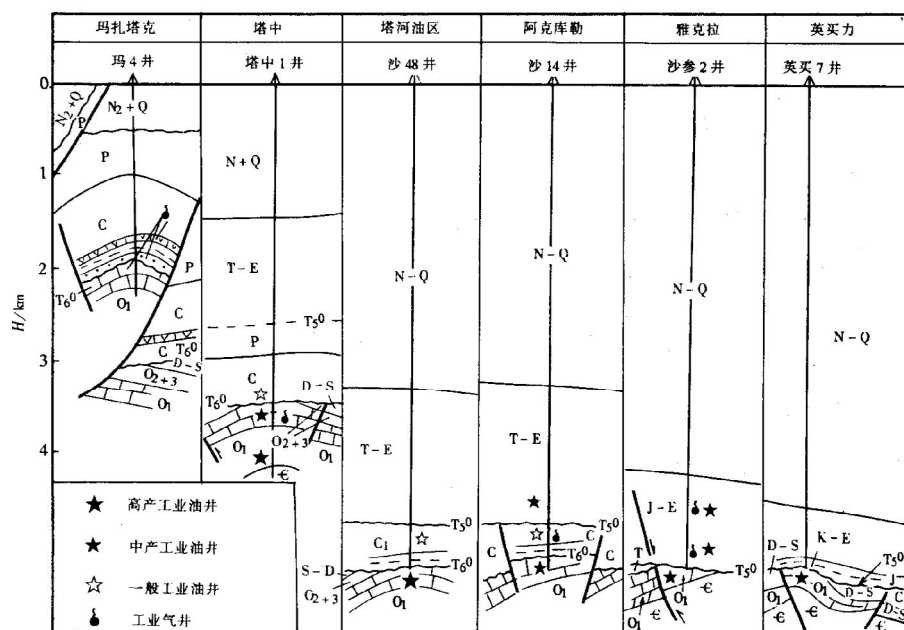


图1 塔里木盆地下奥陶统及风化面与油气关系示意图(垂直比例尺夸大)

Fig.1 Sketch map showing the relation between weathered surface of Lower Ordovician and oil and gas in Tarim Basin

2.5 叠合油气藏

以寒武-奥陶系为烃源,海西构造面(T_0^0 或 T_3^0)下奥陶统原生岩溶潜山油气藏形成后,在多种因素促使下,部分油气通过断层或盖层缝隙垂直运移到上覆层中,形成各种次生油气藏,与其下岩溶油气藏组成叠合油气藏。这种含油气系统,是塔里木构造发展的一大特色,是提高单位面积储量丰度的重要程式,也可能是塔里木寻找大油气田的主要方向。

3 阿克库勒古隆起发展与油气聚集

寒武-泥盆纪时期整个塔北是与满加尔拗陷相

对应的大斜坡。寒武纪-早奥陶世为碳酸盐岩台地近边缘地区,中奥陶世-泥盆纪期间开始出现NE向古隆起雏形,志留系在哈1井和沙30井间明显向隆起变薄,丰富的油气充注于志留系砂岩之中,在地层圈闭中大规模聚集成藏。

海西早期是本区最强烈的一次构造运动*,力源来自天山,挤压形成向SW倾伏的不对称大型鼻状背斜,NW翼缓、SE翼陡。志留-泥盆系及中上奥陶统削截线大致构成古背斜的外围,总剥蚀厚度约

* 海西早期运动本文沿用“前石炭纪”,据周隽康等研究,原C₁东河段应属D₃^d期

在整体封盖条件下,古隆起内部油气的再分配也在不断进行,主要有两个途径:一是下奥陶统油藏通过巴楚组泥岩盖层薄弱处直接向巴楚组灰岩和卡拉沙依组砂岩垂直运移(图4c);二是由断裂和天窗将下奥陶统油气直接输送至 T_3^0 面以上,进入疏松的三叠系砂岩。研究证实,三叠系油气主要来自演化程度较高的海相源岩($E-O$)^[7],来自本身陆相油源的证据较少。

这个阶段,是阿克库勒油气聚集成藏的顶峰。

上新世以来,区域构造反转,三叠系油藏从北向南大迁移(图4d),散失严重。轮南、达里亚等油藏可能是南迁途中在低幅度构造或其他遮挡中重新聚集的结果。油气的总趋势是向东南今构造抬升方向富集。

分也进入成熟期。晚期深部寒武-奥陶系高成熟轻质油或裂解气的补充,对早期成藏的低油气比和重质油增强了活力。但晚期变动的功劳难以抵偿它的破坏性,其不利方面:第一,深埋对孔隙和缝洞储层都十分有害,第二,晚期形成的构造圈闭比它破坏的要多,最严重的是构造格局反转,导致第三纪前可能已形成的奥陶、石炭、三叠纪三套特大型油气藏的迁移、散失。第三,晚期深埋造成主要油气层位于5 000 m以下的局面,一些复杂油气藏将失去经济意义,因此,喜山晚期对于阿克库勒古隆起总体是“成事不足,败事有余”。

4 奥陶系岩溶油气前景

塔河大油田成藏有三大有利因素:一是位于紧邻生油凹陷的古隆起带上;二是下奥陶统灰岩有利的溶蚀条件;三是封盖条件好,后期相对稳定。根据上述条件结合塔里木构造发展的特点,编制了海西早期古地质及下奥陶统岩溶有利区简图(图5),有些地区还加海西晚期或更晚的侵蚀作用。这些古隆起多位于下奥陶统碳酸盐岩台地和台地边缘,多为纯净灰岩或白云岩区。海西两期古隆起都是构造挤压型,裂缝在次级褶皱断带最为发育。非常有利于岩溶储集体的形成,而且都紧邻生油凹陷,远景良好。图上阴影区表示下奥陶统灰岩古溶蚀区。

4.1 广义的阿克库勒地区(图2的 O_{2+3} 削截线内范围)

下奥陶统灰岩暴露岩溶面积大于4 000 km²。古隆起东南侧正位于台地边缘,相变带、岩隆(礁)、沉积和削截楔状体等很普遍,其东紧邻万米深坳,可能还会有新的突破;西北翼原为古隆起缓翼平台,岩溶也发育,推测还有新的油藏发现。

4.2 雅克拉断隆和沙西(英买力)地区

海西早期运动雅克拉隆起核心剥蚀至前震旦纪变质岩,震旦—泥盆系地层依次缺失。海西晚期雅克拉断隆及沙西褶皱带进一步抬升剥蚀,造成大范围多层岩溶有利条件。下奥陶统潜山(含寒武、震旦系)及内幕构造,已发现一批油气田。本区油气来自南、西($E-O$)和北部($T-J$),多为潜山油气藏通过断裂向上运移形成的多级次生油气藏,北侧也有陆相油气倒灌入古潜山。本区最重要的是潜山与披盖层的组合关系,此带范围广、类型多,有很大潜力。

4.3 塔中隆起区

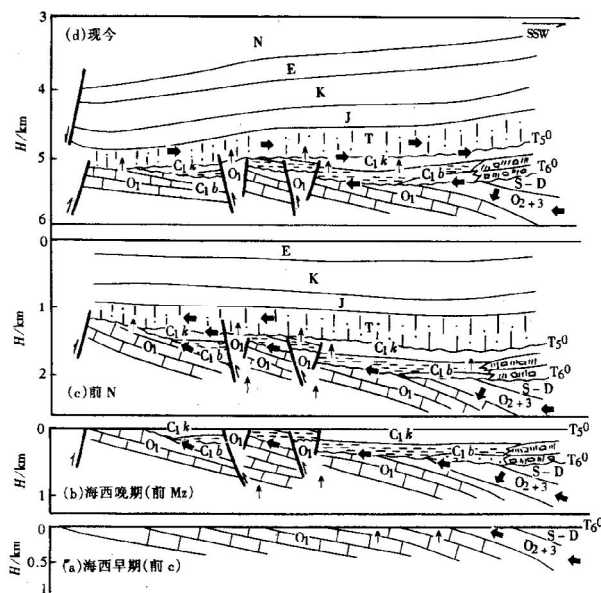


图4 阿克库勒古隆起纵剖面构造发展示意图
(CD剖面线过塔河油区沙23井,图例参见图2)

Fig.4 Sketch map showing the vertical profile of structural development in Akekule paleo-uplift

石炭系为向北尖灭的楔状体,区域构造反转后,石炭系顶底构造和油气展布都很复杂。由于砂岩相对致密,油气不能像三叠系那样适应今构造而向高部位运聚,今构造部位很低的塔河地区,油气成功率反而最高,产量也高;而今构造高部位成功率并不高,变化也大。石炭系表现为对下奥陶统油藏的次生依赖关系。

晚第三纪原场地及坳陷边部的寒武-奥陶系源岩高成熟,石炭系亦进入生烃高峰,三叠系的一部

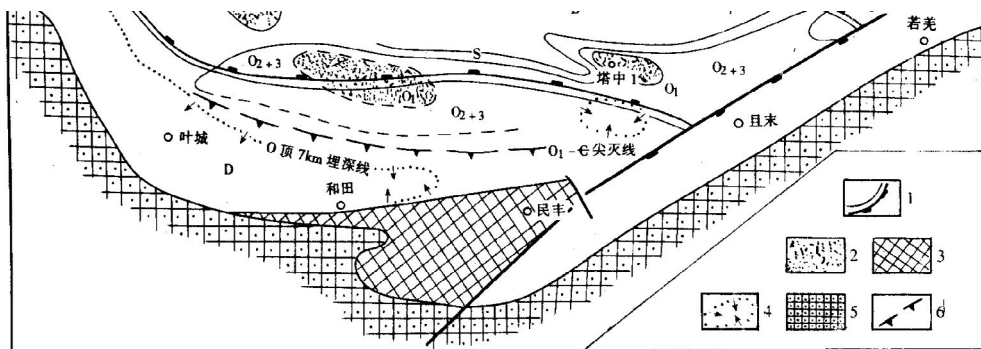


图5 塔里木盆地海西早期古地质及下奥陶统岩溶有利区简图

Fig. 5 Sketch map of Early Hereynian paleogeology and Lower Ordovician favourable karst areas in Tarim Basin
1— $\ominus$ — $\bigcirc$ 台地界; 2— $\bigcirc$ 台地灰岩古溶蚀区; 3— $\bigcirc$ 缺失区; 4— $\bigcirc$ 顶 7 km 埋深线; 5— $\bigcirc$ 暴露区; 6— $\bigcirc$ — $\ominus$ 尖灭线

用以扩大晶间、粒间溶孔为主,与构造缝组成良好储层,获得良好油气产能,并且在 5 984~5 998 m 的寒武系白云岩中也获高产油气流,说明塔中岩溶领域的找油前景非常广阔。

另外,在海西早期侵蚀面(T_0^0)以下的中上奥陶统,塔中45、44、26等井发现了油气;志留系也发现油藏和普遍的沥青砂岩^[10]; T_0^0 面上覆石炭系已在塔中1、4、10、6等井获得油气。说明塔中及邻区油气生成和成藏是长(多)期的。

4.4 玛扎塔克海西早期古隆起

该区和其他海西早期古隆起类似,石炭系直接盖在下奥陶统灰岩之上,在 T_0 面上、下都有工业气层(图1),主产层为侵蚀面下的下奥陶统古潜山,原生油气藏估计规模很大。中新世以后强烈挤压,形成一批背冲式构造,深部(C—Z)高演化气大量补充,烃藏重新进行了调整。鸟山构造在洞缝极其发育的下奥陶统白云岩中也获高产气。本区特点是海西早期古岩溶、潜山与晚期大型背斜构造相结合。

4.5 巴楚西部可能存在加里东古隆起

据最近对本区深井和露头观察认为*,色力布

亚断层两侧广大地区,均为志留系直接覆盖在下奥陶统灰岩之上。下奥陶统顶显示出丰富的岩溶地貌特征,如下切沟谷、侵蚀浅沟和残丘等^{*,*}。本区及邻近从海西晚期至喜山晚期,构造相对活跃,逐步形成塔里木盆地内部最高隆起区,古、今断褶显著,发育很多盆地内缺乏的大型构造圈闭,古生界埋藏较浅,应进行专门深入研究。

5 尾语

由于岩溶油气层的不均匀性,要尽可能采用最先进的科学技术方法进行勘查与预测。关键是将高水平古岩溶地质模型与地震模型紧密融合,以探索深部千变万化的岩溶油气藏实体的展布。利用下奥陶统与侵蚀面上覆地层(如巴楚组泥岩)速度差异所导致的振幅变化和其他波形特征,判断横向上界面是潜山、地表喀斯特或正常过渡。对于溶洞

* 黄太柱. 巴楚-麦盖提区块 1999 年勘探部署建议. 1998

* * 中国地质大学,塔里木盆地巴楚隆起油气勘探靶区研究,1998

识别也应进行多种方法试验研究,尽可能多作测井响应工作,尤其是声波时差,为波阻抗反演创造条件,测井约束反演,最终模型以速度剖面形式输出,经色标显示,能反映与油气有关的洞缝特征。

利用地震信息计算各道之间的相关性,突出不相关的异常现象,图像直观。塔河地区所获工业油气井,均位于相关性差的地区。振幅提取技术也较好地反映沙48、沙46、沙23井物性逐步变差的客观规律。下奥陶统内部缺乏波阻抗界面,内幕反射微弱,但有溶洞或溶缝的组系,有的充填泥质,往往显现非层状的局部强反射或内幕绕射。

地震地质技术日新月异,塔里木的实践和研究已有相当效果。争取在岩溶油气成果及其相应新技术上双双获得更大突破。

奥陶系可钻范围在 $20 \times 10^4 \text{ km}^2$ 以上,还有很多油气领域须用新思路加以探索。我国多年在古生界找油历程表明,随着地震探测井技术的飞速发展,岩溶储集体在中国广大海相沉积区的重要性必将日益突出。

作者学习了西北石油局和塔里木石油勘探开发指挥部许多研究资料,得以草成此文,特此致谢!

参 考 文 献

- 1 王金琪. 塔里木盆地油气活动地史观[J]. 见:康玉柱,编. 中国塔里木盆地石油地质文集. 北京:地质出版社,1996.16~25
- 2 王英民,邓林,刘玲. 残余盆地三维盆地模拟及油气资源评价[M]. 成都:四川科学出版社,1996.194~199
- 3 马宗晋,张家声,汪一鹏. 青藏高原三维变形运动学的时段划分和新构造分区[J]. 地质学报,1998,72(3):211~225
- 4 周中毅. 新疆某地区古地温地质模式与生油期推断[J]. 沉积学报,1983,1(2):143~151
- 5 Hood A, Gutjahr CCM, Heacock R L. Organic metamorphism and the generation of petroleum[J]. AAPG. Bull, 1975, 59(6):986~996
- 6 陈正辅,邵志兵,罗宏. 塔北地区油气性质及成因类型[C]. 见:贾润霄,编. 中国塔里木盆地北部油气地质研究(第二辑). 武汉:中国地质大学出版社,1991.185~195
- 7 何向阳. 塔里木盆地北部地区阿克库勒凸起油气藏分布聚集的特点及其控油因素的探讨[M]. 见:康玉柱,编. 塔里木盆地油气勘查文集. 乌鲁木齐:新疆人民出版社,1994.214~220
- 8 李维贤,廖如潮. 塔中1号巨型构造早奥陶统岩性预测初探[C]. 见:童晓光,梁狄刚,编. 塔里木盆地油气勘探论文集. 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1992.488~494
- 9 蔡春芳,梅博文,李伟. 塔中古生界油田水化学与流体运移和演化[J]. 石油勘探与开发,1997,24(1):18~21
- 10 吕修祥. 塔里木盆地塔中低凸起志留系油气成藏机理初探[J]. 石油实验地质,1997,19(4):328~331

OIL AND GAS PROSPECTS OF ORDOVICIAN KARST RESERVOIRING IN TARIM BASIN

Wang Jinqi

(Southwest Petroleum Bureau, CNSPC, Chengdu, Sichuan)

Abstract: Ordovician karst reservoiring of Tarim Basin is characterized by multi-hydrocarbon sources, deep burial reformation and overlap pool forming. The overlapping pools may be the main targets for discovering giant oil and gas fields. Development of Akekule paleo-uplift bears close relation to its oil and gas accumulation. Large-scale of oil and gas accumulation happened in Cambrian-Ordovician Periods; tectonic movements of Early Hercynian laid a foundation for the network of carbonate rock solution; tectonic movements of Late Hercynian founded a structural base for huge oil and gas accumulation; and the overall sealing-caping of the paleo-uplift was perfected in Mesozoic-Miocene Periods. This period was also the peak stage for oil and gas accumulation and pool-forming. It is suggested that Yakela fault-uplift, Shaxi area, Tazhong uplift, Early Hercynian Mazhatake paleo-uplift and West Bachu regions have fine reservoiring conditions respectively. They all have splendid prospects for oil and gas exploration.

Key words: Tarim; Ordovician; karst reservoiring; Akekule paleo-uplift; karst oil-gas pools; prospects