

文章编号: 1009-3850(2003)01-0053-07

新疆库鲁克塔格-孔雀河地区震旦—寒武—奥陶系 沉积相及生油岩特征

秦天西, 范雪红

(中国地质大学 资源学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 根据地质剖面的精细研测, 结合邻近地区的钻井、地震资料, 对塔里木盆地东北部地区的震旦系—寒武—奥陶系岩石、古生物组合特征和沉积相、古地理环境以及有机地化特征等进行分析, 指出该地区广泛分布的震旦系—寒武—奥陶系生油岩厚度巨大, 具有很大的生烃潜力, 建议在孔雀河及其南部邻区, 加强油气勘探工作。

关键词: 塔里木盆地; 震旦—寒武—奥陶纪; 沉积相; 生油岩; 新疆

中图分类号: P618.13

文献标识码: A

1 区域地质概况

塔里木盆地介于天山、昆仑山两大褶皱带之间, 经由古生代和中新生代长期演化发育起来的大型含油气盆地, 地壳厚40~50km。下伏古老的陆核, 由太古界、元古界结晶变质岩所组成, 是中国三大古陆(中朝、扬子、塔里木)之一^[1]。其上广泛发育了震旦系、古生界及中新生界, 累计厚约20000m, 构成了盆地内油气形成的物质基础。

本文讨论的库鲁克塔格-孔雀河地区位于塔里木盆地东北部, 系指库尔勒和若羌连线以东、罗布庄凸起以北, 面积约10000km²。露头、钻井及地震资料分析揭示, 上震旦统、志留系的最大沉积厚度可达12000m左右。其中, 上震旦统基本上是一套碎屑沉积, 偶夹一些内源沉积, 在库鲁克塔格露头区南部厚约650m; 寒武系主要是一套碳酸盐岩、硅质岩和页岩沉积, 厚度分布较稳定, 多为300~400m; 奥陶系十分发育, 基本上是一套碎屑岩, 最厚可达7000m以上, 一般厚2000~3000m; 志留系主要是一套滨岸粗碎屑沉积, 最厚达2400m以上(图1)。

2 地层及沉积相特征

2.1 震旦系

本区震旦系以北部的库鲁克塔格地区发育最全, 厚约2000~5500m, 现以照壁山剖面为主, 综合全区特征, 自下而上简述如下。

1. 下震旦统

(1) 贝义西组。该组以角度不整合覆盖于前震旦系结晶基底之上, 岩性为深灰色泥板岩、砂岩及硅质凝灰岩或安山岩、玄武岩夹冰碛砾岩, 厚1360m, 为火山岩相。

(2) 照壁山组。该组为深灰色细砂岩、砂质灰岩夹灰岩和硅质岩, 顶部含遗迹化石, 厚522m。

(3) 阿勒通沟组。该组底部为灰绿色含砾流纹岩质粗砂岩、细砂岩、粉砂岩夹微晶灰岩、玻屑凝灰岩、安山岩; 中上部为黑灰、灰绿色砂岩、砂质灰岩、粉晶灰岩, 砂岩具正粒序、包卷和丘状层理; 顶部为灰绿、深灰色含砾砂岩、砂质砾屑灰岩和微晶硅质岩, 代表深海—浅海碎屑岩建造, 厚781m。

(4) 特瑞爱肯组。该组底部为灰绿、深灰色细砂

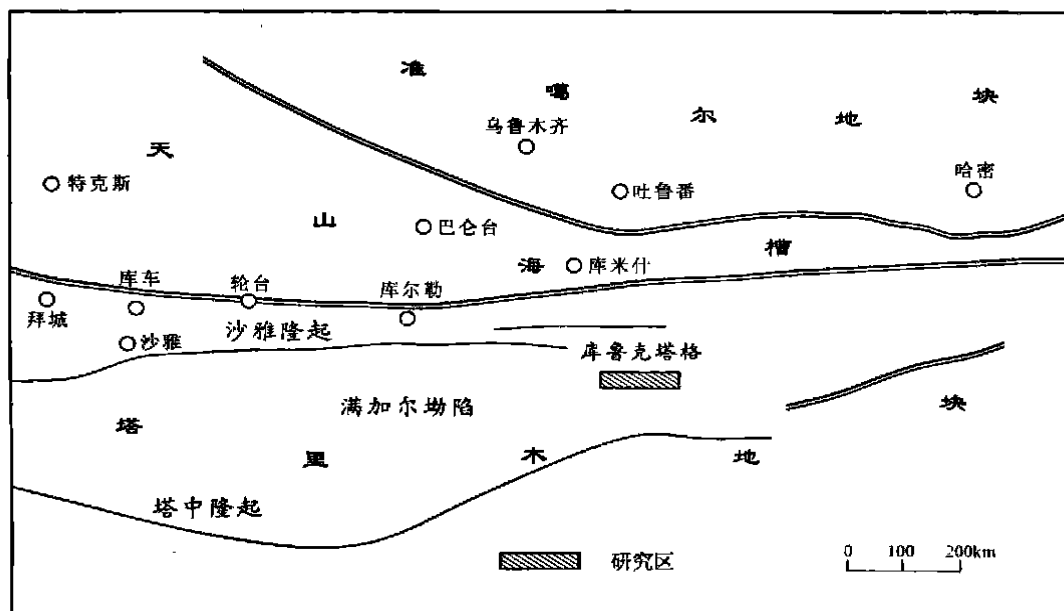


图1 库鲁克塔格及邻区构造略图

1. 库尔勒深断裂; 2. 依格孜塔深断裂; 3. 辛格尔断裂; 4. 兴地断裂

Fig. 1 Schematic tectonic map of the Kuruktag region and its adjacent areas

1= Korla fault; 2=Yigezita fault; 3= Qinggir fault; 4= Xingdi fault

岩、粉砂岩、泥岩夹灰黑色薄层含鲕状、豆状菱铁锰矿结核砂质泥岩; 中部为深灰色含砾砂岩、细砂岩夹砾屑灰岩、中晶灰岩和玄武岩; 顶部为灰绿、深灰色含砾长石砂岩、块状细粒—粉粒岩屑长石砂岩及黑灰、深灰色块状泥岩夹砾屑灰岩、泥晶灰岩, 厚1000m。代表一套深海—半深海碎屑岩沉积。

2. 上震旦统

(1) 扎摩克提组。该组底部为灰绿色薄—中层细粒长石砂岩、黑色沥青质细砂岩。常见正粒序、包卷、沙纹及丘状层理, 槽模、重荷模发育。上部为深灰、灰绿色块状玄武岩, 具杏仁状构造, 下部夹黑色硅质岩和砂质泥岩。厚521m。

(2) 育肯沟组。该组为灰绿色—深灰色中、薄层状细粉晶长石石英砂岩、长石砂岩夹粉砂质泥岩、板岩夹硅质灰岩、菱铁矿粉砂岩及薄层砂质泥晶灰岩, 底部有一薄层鲕粒板岩。厚163m。代表一套浅海碎屑岩建造。

(3) 水泉组。该组下部为灰色、黄灰色中层状粉晶(或亮晶)藻团块白云岩和同色粉砂质泥岩, 沥青脉呈网状极为发育; 上部为灰绿色、黄棕色粉砂质泥岩、粉砂岩、灰岩及白云岩夹粉砂岩条带和泥页岩, 灰岩含沥青脉。厚151m。为一套浅海碳酸盐岩—碎屑岩建造。

(4) 汗格尔乔克组。该组下部为灰绿、深灰、紫灰、黄绿色块状含漂砾细砾岩、透镜状细砂岩、泥质砂岩和砾质泥岩, 底部层理清楚; 上部为灰色块状微晶白云岩, 顶为0.2m厚黄色泥岩。代表一套冰碛岩建造。

2.2 寒武系

寒武系地层分布广泛。根据地震资料解释对比, 研究区皆有分布, 兴地断裂以南至孔雀河—塔东1井一带属于深水陆棚相—槽盆相沉积^[3]。

1. 下寒武统

(1) 西山布拉克组。该组主要为硅质岩及中、基性喷发岩, 如辉长岩、安山岩、玄武岩、凝灰岩、火山角砾岩。硅质页岩中见海绵骨针。

(2) 西大山组。该组中部及下部以黑色中层状泥岩为主夹灰黑色中至厚层状粉晶灰质白云岩、粉晶灰岩, 上部以黑灰色中层状泥质至粉晶灰质白云岩为主夹同色泥岩及硅质条带。

2. 中寒武统

莫合尔山组主要岩性以灰色至灰黑色薄—中层状泥晶灰岩, 泥质泥晶灰岩与泥岩韵律性互层。

3. 上寒武统

突尔沙克塔格组以一套黑色、灰黑色薄层至厚层纹状层泥质及铁质灰岩为主, 中上部间夹灰黑色泥岩。

库南-井至兴地断裂以北则属于岭外海台斜坡相带,中上寒武统有较多砂屑灰岩属钙屑浊积岩相与钙质碎屑岩相。

2.3 奥陶系

该区奥陶系地层发育较全,上、中、下统皆有分布,以库鲁克塔格地区地表出露较完整。根据地震资料解释对比,分布非常广泛,且东部较厚。

1. 下奥陶统

(1) 巷古勒塔格组。该组岩性主要为黑色笔石页岩,上部为黑色放射虫硅质岩,下部为灰色—灰黑薄层状含泥质泥晶灰岩、泥质泥晶灰岩及白云岩化泥晶灰岩与黑色泥岩互层。灰岩中产三叶虫、腕足类、牙形石及少量笔石化石,总体属欠补偿槽盆黑色泥页岩相、放射虫硅质岩相与薄层灰岩相。

(2) 下却尔却克组。该组主要为黑色或深灰色泥(页)岩及粉—细粒岩屑砂岩,产笔石、牙形石化石。属海底浊积扇相。

2. 中奥陶统

上却尔却克组为绿灰、灰色长石岩屑砂岩与深灰色泥岩互层,产笔石、牙形石、腕足类。群克1井于井深2628m进入奥陶系,直至完钻井深4502m,皆为深灰色泥岩。顶部笔石化石鉴定为中奥陶世。属深海盆地相与海槽盆地海底浊积扇相。

3. 上奥陶统

元宝山组下部为含砾粗砂岩至粉粒含钙质长石砂岩及泥质长石砂岩与泥岩呈正韵律互层,上部间夹砂质灰岩薄层及透镜体。产笔石、牙形石及一些三叶虫、腕足类、头足类和珊瑚等化石。属中—外扇浊积岩相。

3 古地理特征

3.1 寒武纪

寒武纪,库鲁克塔格小区与孔雀河小区沉积相具有很大的相似性,均以深水陆棚、海槽盆地相为主体,北部间夹少量浅水陆棚相和斜坡钙屑浊积岩与钙质碎屑岩相,相带大致呈东西向展布,因此地层划分与命名一致,表明它们处于同一海槽盆地相区。孔雀河小区寒武系厚度很薄,海槽盆地相更发育,表明它是裂陷槽的裂陷中心,欠补偿沉积更发育。下寒武统以一套黑色含磷硅质岩、硅质页岩为主,碳酸盐岩以非重力流深水溶解相泥晶、粉晶灰岩为主体。库鲁克塔格小区及孔雀河小区南部覆盖区的寒武系虽与孔雀河小区露头区同处在一个相带,从它们的厚度大增,非溶解相灰岩增多,表明环境略浅。总之

寒武纪是库鲁克塔格裂陷槽裂陷沉降高峰期,半深海相广泛发育,岩石组合、岩相特征一致性最强的时期。

3.2 奥陶纪

区内奥陶纪的沉积古地理与寒武纪相比有了显著变化。早奥陶世早期(巷古勒塔格期)又一次发生了大海进。孔雀河小区出现了以放射虫硅质岩、放射虫灰质硅质岩为代表的凝缩层段。但到了中晚奥陶世,沉积古地理发生了较大的变化。库鲁克塔格小区为深水溶解相—溶解相碳酸盐相带,即库鲁克塔格碳酸盐海台。孔雀河小区的同期沉积则主要为半深海浊积扇为特征的相带。小区内厚度比盆缘露头区显著增厚,可能表明水体较浅,沉积速率相对较大的砂泥质浊积岩层。奥陶纪的相带亦呈东西向延伸,南北较浅,中部最深(图2)。

4 生油岩特征

根据地层、沉积相、地震解释及地球化学指标,库鲁克塔格-孔雀河地区有3套生油岩系——震旦系—寒武系—下奥陶统生油岩系、石炭系生油岩系和侏罗系生油岩系。这里主要探讨震旦—寒武—奥陶系生油岩系。

关于震旦系—寒武系—下奥陶统生油岩系,前人已有过研究。主要认为这套生油岩有机质丰度高—中等,有机质类型为I型,为高一过成熟,属好—较好生油岩;并强调由于这套生油岩在海西期—印支期隆升遭受剥蚀,直到燕山运动早期,这套生油岩生成的油气全部散失,部分现今仍具生油能力的生油岩中的有机质,随温度、压力降低而停止向烃类转化,其上覆的沉积层温度和压力不足以使这套生油岩中的有机质二次向烃类转化,所以没有新的油气生成。而笔者研究则认为这套生油岩系则是本区重要的油气来源之一,对保存条件和有机质二次向烃类转化的条件也有新认识。

4.1 生油岩地质特征

震旦系—寒武系—下奥陶统生油岩为一套海相泥质岩和碳酸盐岩。在元宝山—南雅尔当山剖面,震旦系的特瑞爱肯组下部235m厚的黑灰和深灰色块状泥岩为泥质岩生油岩;水泉组下部深灰色厚层状粉晶藻团白云岩为碳酸盐岩生油岩。震旦系的残留厚度在1800m与600m之间,寒武系—下奥陶统残留厚度在1000m与5000m之间,区内中部较厚,最厚地方在铁南2井和维马克1井附近。

震旦系—寒武系—下奥陶统这套生油岩系实际

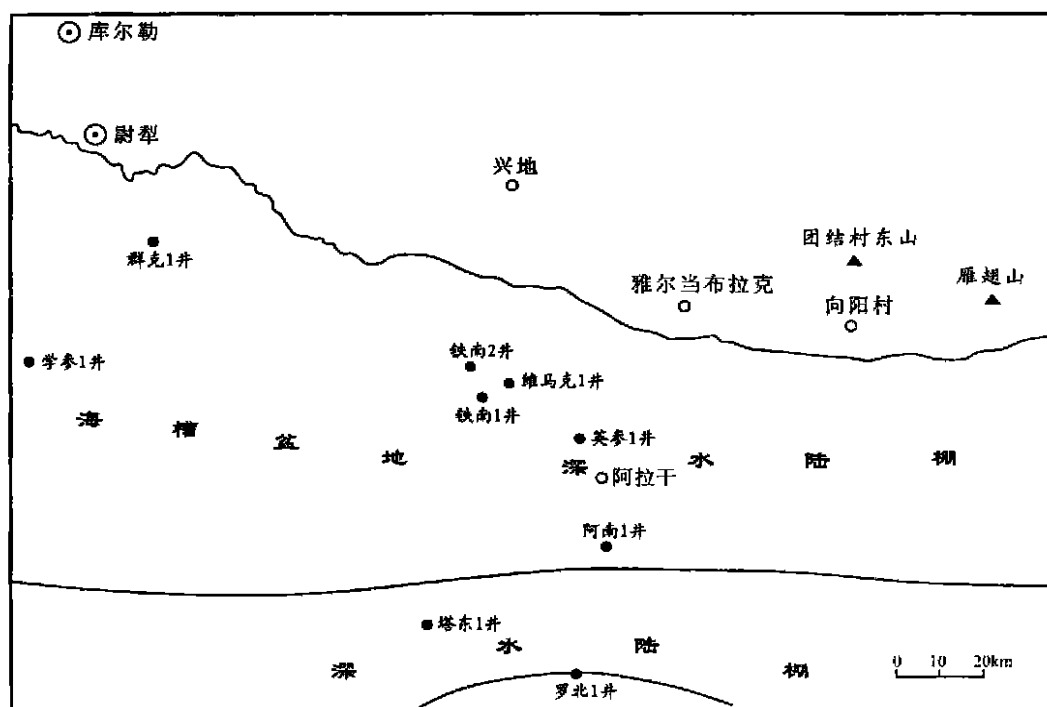


图2 库鲁克塔格-孔雀河地区寒武系一下奥陶系统沉积相分布图

Fig. 2 Distribution of sedimentary facies of the Cambrian-Lower Ordovician strata in the Kuruktag-Konqi region

上以寒武系一下奥陶统的生油岩为主体, 它们是半深海槽盆相为主的泥岩和以深水陆棚相为主的灰岩。在塔东1井, 寒武系4414~4710m井段地层厚度为296m。下部150m以灰黑色硅质泥岩为主, 夹沥青质页岩及泥质灰岩条带, 常见黄铁矿团块及薄层。泥岩具微细水平层理, 该段属槽盆相沉积, 处于强还原低能沉积环境形成的泥质生油岩系。上部146m以深灰色泥灰岩、泥质泥晶灰岩为主, 微细水平层理常见, 该段代表了槽盆—陆棚过渡相的沉积环境形成的碳酸盐岩生油岩系。塔东1井4710~4810m段为浅海陆棚相沉积。因此, 塔东1井寒武系生油岩自下而上反映了浅水陆棚—槽盆—深水陆棚的沉积相序。

半深海槽盆相也分布于塔东1井奥陶系中, 该段以深灰色泥岩与灰色砂岩频繁薄互层构成陆屑复理石沉积为特征, 砂岩粒序递变层理极为发育, 泥岩发育水平层理, 岩芯中可见完整的鲍玛层序及冲刷底痕。整个奥陶系井段均属陆源碎屑浊积岩相, 为典型的深水海底扇沉积。下奥陶统生油岩系本区占有重要价值, 不仅因其厚度大、分布范围广, 而且因其有机质类型以I型为主, 生烃潜力大, 该岩系以深灰黑色泥岩夹薄层粉砂条带为主, 总厚270m。底部有44m厚的黑色页岩, 相当于海底扇的扇缘。群克1

井及维马克1井也有相当于这种沉积相。

震旦系—寒武系一下奥陶统生油岩分布广泛, 几乎遍布整个孔雀河斜坡(图3), 生油岩厚400~600m。从图3看出有两个主要生油岩凹陷, 一个位于铁南2井、维马克1井及铁南1井附近, 另一个位于塔东1井西北, 阿南1井以西。

4.2 生油岩地球化学指标

野外实测剖面采集了生油岩样品, 其中寒武系一下奥陶统生油岩样品16块。结合井下资料对生油岩地球化学特征进行讨论。震旦系—寒武系一下奥陶统生油岩地球化学指标如表1。

根据露头剖面和钻遇这套烃源岩的4口探井揭露情况, 笔者认为: 在新元古代—早古生代, 研究区位于古塔里木海的槽盆区沉积了巨厚的碳酸盐岩和暗色泥岩生油岩。群克1井上奥陶统暗色泥岩厚度达98m, 但有机质含量偏低, 群克1井奥陶系81块暗色泥岩残余有机碳平均仅达0.224%, 考虑高成熟阶段对有机质丰度的损耗影响恢复其原始有机碳0.5%, 综合评价仍属中—差生油岩。但下奥陶统底部48m黑色泥岩, 8块样品平均残余有机碳含量为1.86%, 属于好生油岩。

塔东1井下奥陶统厚270m生油岩的有机碳平均为0.77%, 氯仿沥青“A”平均为 12×10^{-6} 生烃潜能

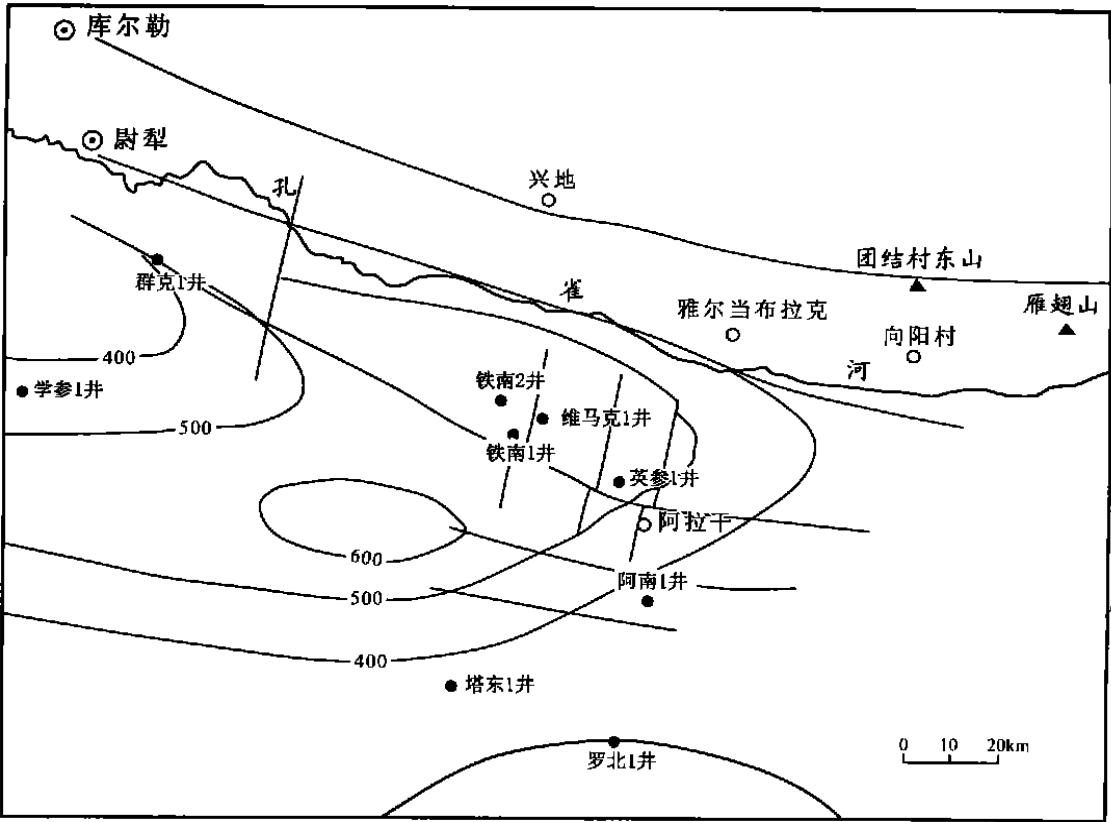


图3 库鲁克塔格-孔雀河地区震旦系—寒武系—下奥陶统生油岩分布图

Fig. 3 Distribution of the Sinian-Cambrian-Lower Ordovician source rocks in the Kuruktag-Konqi region

表 1 库鲁克塔格-孔雀河地区震旦系—寒武系—下奥陶统生油岩特征

Table 1 Geochemical signatures of the Sinian-Cambrian-Lower Ordovician source rocks in the Kuruktag-Konqi region									
时 代	厚度 /m	有机碳 /%	氯仿沥青“ A” /10 ⁻⁶	生烃潜量 /mg·g ⁻¹	烃指数 /mg·g ⁻¹	干酪根类型	镜质体反 射率 /%	综合评价	备 注
下奥陶统	270	0.15 ~ 2.67 0.77(12)	12(3)	8(8)	21(8)	I — II2(14)	1.15 ~ 3.08	好生油岩	塔东 1 井
寒武系	293	0.13 ~ 4.19 2.04(15)	17(4)	6(10)	7(10)	I (3)			
		0.03 ~ 2.16 0.31(16)	21 ~ 130 45(16)		13(16)	II 1— II 2(10)	1.42 ~ 3.0	较好生油岩	露 头
震旦系	91.3	0.05 ~ 5.12 1.86(8)	14(2)	2(6)	3(6)	II 2(2)	2.63 ~ 3.61	好生油岩	塔东 1 井
	235	1.63(泥岩) 1.25 ~ 3.5(白云岩)						好生油岩	露 头

8mg/g.c, 烃指数为21mg/g.c, 综合评价为好生油岩。其镜质体反射率 R_0 为1.15%~3.08%。

奥陶系烃源岩油气生成期为晚古生代末, 现今处于高成熟阶段—过成熟阶段, 其地化指标主要为: R_0 = 1.15%~3.08%, 饱和烃色谱图中, 以轻烃为主, 岩石热解分析, 烃指数为10~40mg/g.c, 氢指数为10~100mgHC/g.c, 有机碳为2%~15%。总之下奥陶统有机质含量偏低, 以生轻质油为主。

在元宝山-南雅尔当山剖面, 震旦系特瑞爱肯组下部235m黑灰、深灰色块状泥岩, 有机碳含量可达1.63%, 其上水泉组下部深灰色厚层状粉晶藻团白云岩, 泥晶藻白云岩有机碳含量一般达1.2%~3.5%, 均达到好生油岩标准。露头区寒武系生油岩样品有机碳平均为0.31%, 氯仿沥青“ A” 为45×10⁻⁶, 烃指数为13mg/g.c, R_0 为1.42%~3.01%。塔东1井寒武系有机碳含量高值为4.19%, 平均为

2.04%。这套烃源岩有机质成熟度已进入生干气阶段,其地化指标为 $R_0=2.63\% \sim 3.61\%$ 。饱和烃色谱图奇偶优势消失,以重烃为主, $C_{21}/C_{22} \leq 0.65$, 烃指数只有 $1 \sim 10 \text{mg/g.c}$, 氢指数为 $10 \sim 100 \text{mg/g.c}$, 有机碳为1%左右, 生油潜力已有相当消耗, 容易转入干气生成, 但仍有相当的生油气量。

下奥陶统生油岩的干酪根类型为 I—II₂ 型, 震旦—寒武系干酪根类型为 I、II₁、II₂。

5 油气资源条件

库鲁克塔格-孔雀河地区烃源岩以寒武—奥陶系烃源岩为主体, 主要分布于该区中部及南部, 寒武—奥陶系残留厚度大于2000m 的范围内(图4)。生油岩厚度大于400m(图3), 体积为 14839km^3 。

这套生油岩为半深海槽盆地相为主的泥岩和以深水陆棚相为主的灰岩两大类, 其生油岩和地球化学指标如表1所示。下奥陶统生油岩有机碳平均为0.77%, 生烃潜量为 8mg/g , 干酪根为 I—II₂ 型, 镜质体反射率 $R_0=1.15\% \sim 3.08\%$, 属于好生油岩; 寒武系生油岩有机碳平均为0.31%(据露头区16个样)和2.04%(据塔东1井15个样), 生烃潜量为 6mg/g (据塔东1井10个样), 干酪根为 I 型和 II₁ 型(露头区10个样), 镜质体反射率 $R_0=1.42\% \sim 3\%$ (露头

区)属于较好生油岩; 震旦系生油岩泥岩有机碳为1.63%(露头区), 白云岩有机碳为 $1.25\% \sim 3.5\%$ (露头区)属于较好生油岩。

综上所述, 震旦—寒武—奥陶系烃源岩存在着暗色泥岩, 碳酸盐岩两类烃源岩, 其有机质类型均属 I—II 型, 为好生油岩, 有机碳含量高, 热演化程度高, 大多处于高成熟—过成熟的生干气阶段。由于生油气时间长、规模大, 所以生油气潜力大, 经成因体积法概算, 油气资源总量为5.0259亿吨。生油岩上部均具有良好的储集层和盖层, 生、储、盖组合条件优越。经研究, 寒武系和下奥陶统圈闭形成期与生烃、排烃期同步, 非常有利于油气的运移、聚集, 并可在晚古生代末期形成油气藏。塔东1井西北部 and 东部, 下古生界烃源岩埋深在5000m以上的范围, 可达 5000km^2 , 这与沙参2井的油气富集情况完全可以对比, 因此预测该区具备形成大、中型油气田的有利条件。

6 震旦—寒武—奥陶系生油岩评价

塔东北地区震旦—寒武—奥陶系生油岩分布范围大, 生油厚度为200~600m, 有机质含量偏高。通过一系列实验手段发现, 这套生油岩有机质热演化至石炭纪末, 已达到高峰——湿气阶段, 热演化至今

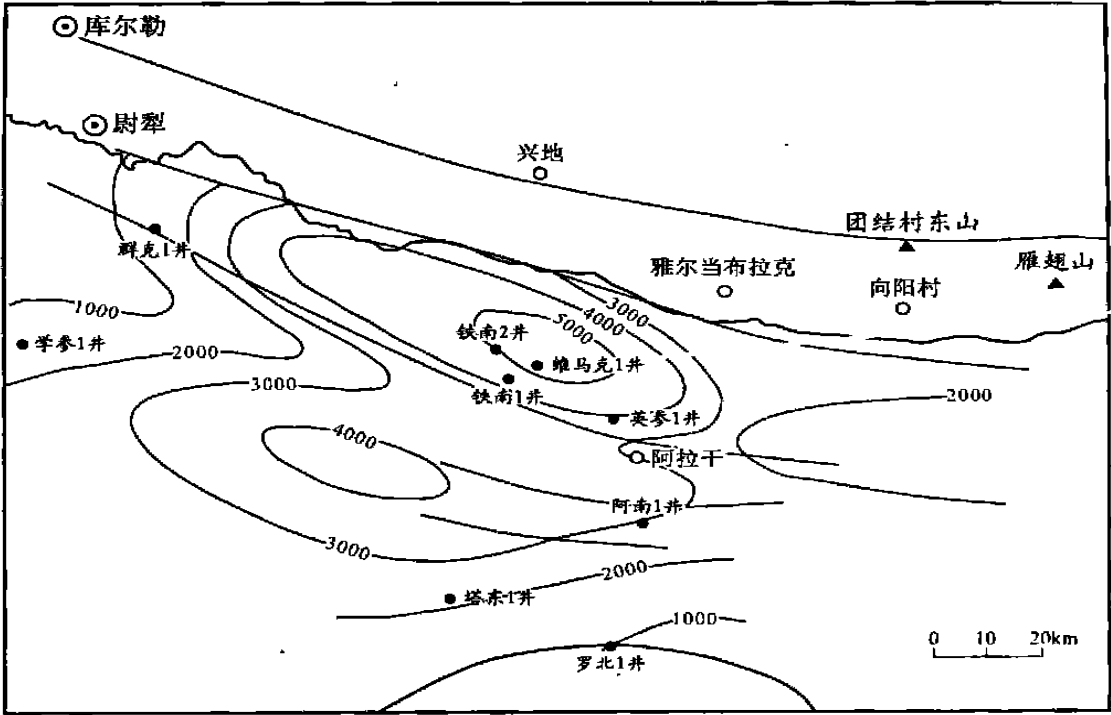


图4 塔里木盆地孔雀河斜坡寒武系—下奥陶统残留厚度图
Fig. 4 The preserved thickness of the Cambrian-Lower Ordovician strata on the Konqi slope in the Taim Basin

已进入湿气-干气阶段。前人认为本区缺失志留—三叠系地层,即抬升遭受剥蚀使震旦—寒武—奥陶系这套生油岩生成的油散失,但通过分析,笔者认为本区存在志留系地层,而且对这套生油岩产生的油成藏及封盖具有重要意义。因此笔者认为该套生油层是库鲁克塔格-孔雀河地区一个重要生油层,能为本区提供较丰富的油气源。

7 结 论

(1) 库鲁克塔格-孔雀河地区震旦—寒武—奥陶系生油岩系分布广泛,厚度大。

(2) 根据该套生油岩系在本区的分布情况,估计

可为该区提供概算资源量 4~5 亿吨。

感谢中国新星石油公司西南石油局周棣康先生及西北石油局规划院的大力支持。

参考文献:

- [1] 康玉柱. 中国塔里木盆地石油地质特征及资源评价[M]. 北京: 地质出版社, 1996. 65—70.
- [2] 叶德胜. 塔里木盆地北部寒武—奥陶系碳酸盐岩储层特征及油气前景[M]. 成都: 四川大学出版社, 2000. 23—25.

Sedimentary facies and source rocks of the Sinian-Cambrian-Ordovician strata in the Kuruktag-Konqi region, Xinjiang

QIN Tian-xi, FAN Xue-hong

(Faculty of Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China)

Abstract: The Kuruktag-Konqi region is situated in the northeastern part of the Tarim Basin in Xinjiang. The integration of exposures, boreholes and seismic data have revealed the total thickness of about 600000 km² of the Upper Sinian to Silurian strata. The Upper Sinian strata are assigned to a sequence of clastic deposits occasionally intercalated with the intrabasinal deposits, with a thickness of about 650 m in the southern part of the Kuruktag region. The Cambrian strata consist of a sequence of carbonate rocks, siliceous rocks and shales, ranging from 300 to 400 m in thickness. The Ordovician strata are well developed, including a sequence of clastic rocks with a maximum thickness of more than 7000 m. The Silurian strata are made up of littoral coarse-grained deposits, with a maximum thickness of more than 2400 m. It can be seen that the tremendous thickness of the Sinian-Cambrian-Ordovician strata may be thought to have good hydrocarbon potential. It is proposed that the petroleum exploration should be improved in and to the south of the Konqi region.

Key words: Tarim Basin; Sinian-Cambrian-Ordovician strata; sedimentary facies; source rock; Xinjiang