

塔里木地区寒武纪中期古地理与沉积环境

王 健^{1,2} 黄华芳^{1,2} 高林志³

(1.河北师范大学,河北 石家庄 050016;2.河北省环境演变与生态建设实验室,河北 石家庄 050016;
3.中国地质科学院地质研究所,北京 100037)

提要:寒武纪中期(相当于第三世的第五期、鼓山期和古丈早期)是塔里木地区重要的盐岩、膏盐岩盖层沉积期。对该阶段塔里木地区古地理与沉积环境的研究将有助于其油气赋存条件及分布规律的认识。本文在前人研究的基础上,野外调查和收集分析了 13 个露头区、17 口钻井的地质剖面资料,并参考部分地震勘探成果,重塑了塔里木地区寒武纪中期古地理轮廓,绘制了古构造-沉积环境图。研究表明:(1)寒武纪中期的古地理格局基本承袭了寒武纪早期的特征,但南天山洋盆、北昆仑洋盆和库鲁克塔格—满加尔拗拉槽半深海—深海盆地范围明显扩大,而塔里木陆表海(浅海)盆地范围有所缩小;(2)寒武纪中期,塔里木地区气候干燥炎热,形成了面积达 $23 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的蒸发台地,沉积数百米厚膏盐岩地层为油气的储存提供了优质封盖条件。

关键词:塔里木地区;寒武纪中期;古地理轮廓;构造-沉积环境;蒸发台地

中图分类号:P534.41 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2011)04-0989-07

古地理格局及其控制的沉积环境之所以成为当前国内外油气地质研究的热点^[1-9],其原因就在于一个地区(尤其是含油气区)的古地理与沉积环境研究对于揭示该地区的物源区和沉积区空间配置关系、沉积相展布、油气生储盖组合特征,进而寻找油气赋存的有利区带、指导油气勘探有重要意义。

塔里木地区经历了多期复杂的地质演化历程,各时期的古地理格局对沉积环境都有着极为明显的控制或影响。许多学者在此方面做了大量的研究工作,也取得了丰富成果^[10-19],但由于研究思想、研究方法的差异,结果和认识尚存争议。对于寒武纪中期而言,不同的认识主要体现在以下两个方面:一是洋陆分布格局,二是沉积环境分异。

寒武纪中期(相当于第三世的第五期、鼓山期和古丈早期)是塔里木地区重要的盐岩、膏盐岩盖层沉积期。本文试图通过对该时期的古地理轮廓(洋陆分

布格局)与沉积环境的进一步研究,尤其是对与油气地质密切相关的主要古地理单元的沉积环境研究,提高对该套盐类盖层形成和分布条件的认识,客观地评价各单元寒武纪地层的油气地质条件和油气富集规律。

研究区内,寒武纪中期地层以塔里木西北部的柯坪—巴楚地区和东北部的库鲁克塔格地区出露最为完整;在南天山西段的哈尔克山南坡小铁列—塔木勒克塔格一带也有分布,但出露不全。在沙漠覆盖区,钻至(穿)寒武纪中期地层的钻井有 20 余口。笔者实地观测和收集了塔里木盆地 13 个寒武纪中期地层露头区剖面,收集到 17 口钻至(穿)寒武纪中期地层的钻井资料,同时参考油田部分地震勘探研究成果,在对塔里木地区寒武纪地质构造、沉积地层序列和空间展布特征等综合分析的基础上,重塑了寒武纪中期古地理和古构造-沉积环境。

收稿日期:2011-04-29;改回日期:2011-05-02

基金项目:中国石化股份有限公司项目“塔里木盆地构造背景、盆山动力学及油气前景”(YPH08110)资助。

作者简介:王健,男,1961 年生,副教授,主要从事地质学研究;E-mail:wjdb@sina.com。

通讯作者:黄华芳,教授;E-mail:hbf@mail.hebtu.edu.cn。

1 古地理基本轮廓

有关塔里木地区寒武纪早期的古地理与古构造-沉积环境,笔者另文有述。寒武纪中期塔里木地区的古地理格局基本承袭了寒武纪早期的特征,依然呈现陆地、洋盆和海盆对峙的局面。塔里木克拉通中-西部主体为陆表海(浅海)盆地,东部为库-满拗拉槽半深海-深海盆地;克拉通以北为塔里木北部被动大陆边缘、南天山洋盆和中天山古陆;克拉通以南有塔里木西南部被动大陆边缘、北昆仑洋盆和西昆仑古陆;克拉通东南部是阿尔金古陆和祁漫塔格古陆。但与寒武纪早期不同的是,这一时期受南天山洋和北昆仑洋强烈扩张影响,洋盆和库鲁克塔格-满加尔拗拉槽半深海-深海盆地范围明显扩大,而塔里木陆表海(浅海)盆地范围有所缩小(图1)。

2 塔里木克拉通被动陆缘

2.1 北部被动陆缘

北部被动陆缘西起阿合奇-塔木勒克塔格-小铁列,向东经铁门关微陆块延伸到库鲁克塔格北区。然而与寒武纪早期相比,随着南天山洋盆的不断扩大,寒武纪中期的陆缘变窄,表现较明显的是西北部广海陆棚区范围急剧收缩(图1)。

出露于阿合奇县哈拉奇南-塔木勒克塔格-小铁列一带、库鲁克塔格北区乌里格孜塔格-莫合尔山一带以及库南1井钻遇的寒武纪中期地层,揭示了北部被动陆缘的演化特征(图2,表1)。

阿合奇县哈拉奇南寒武纪中期地层称作阿瓦塔格组,其下部为夹红色石膏的铁质、泥质碳酸盐岩与肉红色、灰色白云岩及灰岩互层,上部为浅灰色、灰

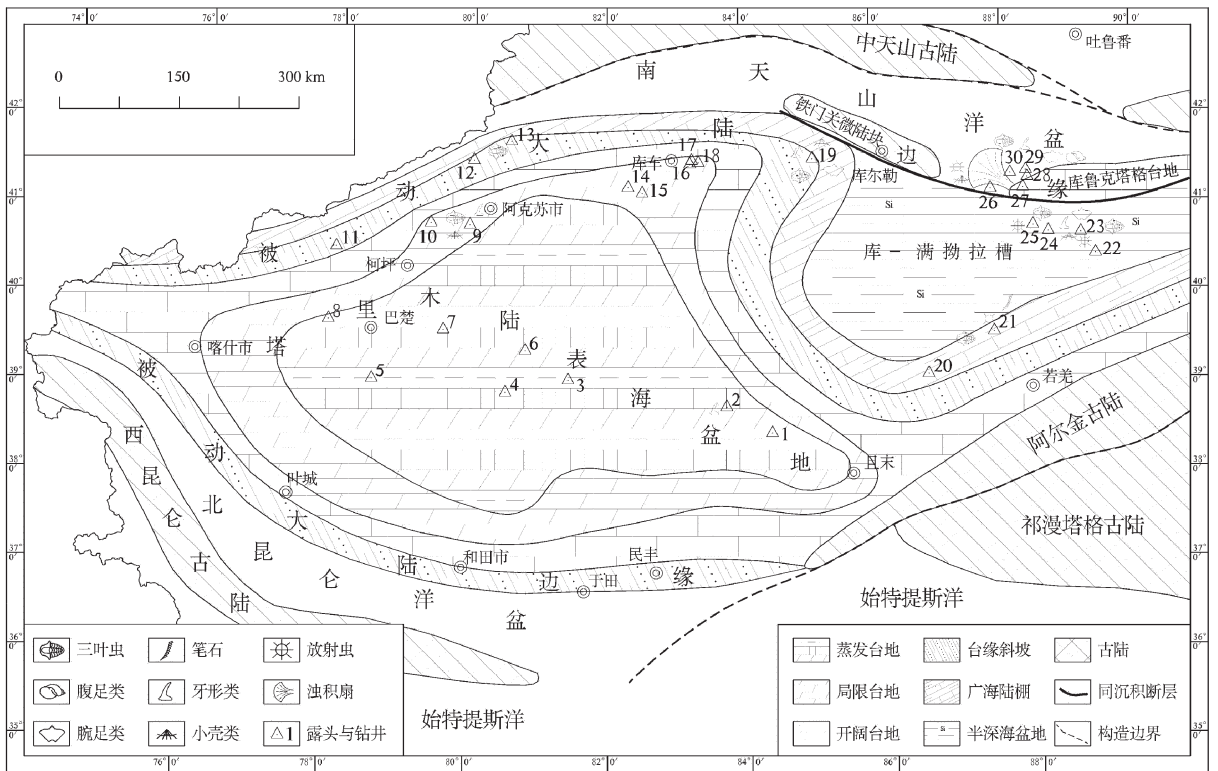


图1 塔里木地区寒武纪中期古地理与构造沉积环境

- 1—中4井;2—塔参1井;3—巴东4井;4—和田1井;5—康2井;6—和4井;7—方1井;8—同1井;9—肖尔布拉克;
- 10—苏盖特布拉克;11—阿合奇南;12—库瓦特;13—小铁列;14—英买36井;15—星火2井;16—牙哈5井;17—牙哈10井;
- 18—牙哈7×1井;19—库南1井;20—塔东2井;21—塔东1井;22—英东2井;23—雅尔当山;24—元宝山;25—却尔却克;26—兴地塔格;
- 27—船形山;28—莫合尔山;29—西大山;30—乌里格孜塔格

Fig.1 Paleogeography and tectonic-sedimentary environment of Middle Cambrian in Tarim area

- 1-Z4;2-TC1;3-BD4;4-HT1;5-K2;6-H4; 7-F1; 8-T1;9-Xiaoer Bulake;10-Sugaite Bulake;11-South Aheqi;12-Kuwate;13-Xiaotilie;
- 14-YM36;15-XH2;16-YH5;17-YH10;18-YH7×1;19-KN1;20-TD2;21-TD1;22-YD2;23-Yaerdangshan; 24-Yuanbaoshan;
- 25-Queerqueke;26-Xingditage;27-Chuanxingshan;28-Moheershan;29-Xidashan;30-Wuzigelitage

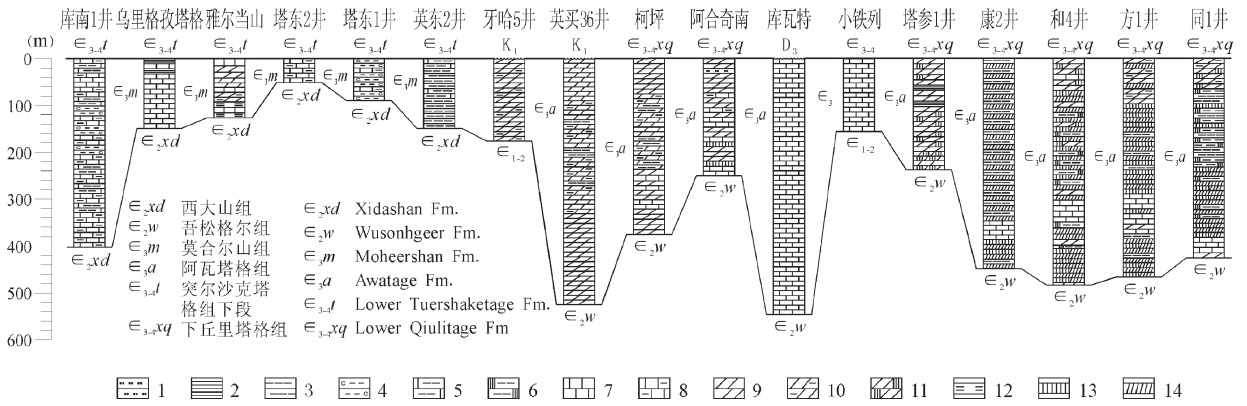


图2 塔里木地区寒武纪中期岩石地层对比

1—粉砂岩;2—页岩;3—泥岩;4—炭质泥岩;5—钙质泥岩;6—含膏泥岩;7—灰岩;8—泥质灰岩;9—白云岩;10—泥质云岩;11—含膏云岩;12—硅质岩;13—膏岩;14—盐岩

Fig.2 Stratigraphic correlation of Middle Cambrian in Tarim area

1—Siltstone;2—Shale;3—Mudstone;4—Carbonaceous mudstone;5—Calcareous mudstone;6—Gypseous mudstone;7—Limestone;8—Argillaceous limestone;9—Dolomite;10—Argillaceous dolomite;11—Gypseous dolomite;12—Siliceous rock;13—Gypsolith;14—Halite rock

表 1 塔里木地区寒武纪中期构造-沉积环境

Table 1 Tectonic-sedimentary environment of Middle Cambrian in Tarim area

露头 and 钻井	岩石组合	生物化石	环境
哈尔克山, 库南 1 井 库鲁克塔格北区	灰、深灰色中-薄层状 泥质粉晶灰岩、泥质灰 岩与黑色灰质泥岩、炭 质泥岩互层	<i>Agnostid</i> , <i>Lejopyge sinensis</i> , <i>Oidalagnostus tienshanicus</i> , <i>Lejopyge sinensis</i> , <i>Lejopyge armata</i> , <i>Lejopyge laevigata</i> , <i>Sulcatagnostus quruqensis</i> , <i>Hypagnostus hunanicus</i> , <i>Triplagnostus xinjiangensis</i> , <i>Pseudophalacroma</i> <i>triangularis</i> , <i>Ptychagnostus punctuosus</i> , <i>Ptychagnostus atavus</i>	被动 陆缘
雅尔当山, 英东 2 井 塔东 1 井, 塔东 2 井	黑色泥岩、硅质泥岩、 灰质泥岩夹薄层泥质灰 岩, 含黄铁矿晶粒	<i>Lejopyge sinensis</i> , <i>Lejopyge armata</i> , <i>Lejopyge laevigata</i> , <i>Ptychagnostus</i> <i>punctuosus</i> , <i>Pseudophalacroma dubium</i> , <i>Pseudophalacroma triangularis</i> , <i>Ptychagnostus aculeatus</i> , <i>Hyolithellus</i> sp., <i>Protospongia</i> sp., <i>Gapparodus</i> <i>bisulcatus</i> , <i>Furnishina furnishi</i> , <i>Prooneotodus tenuis</i> , <i>Westergardodina</i> sp., <i>Leiopsophosphaera</i> sp., <i>Trachysphaeridium</i> sp., <i>Leiofusa</i> sp., <i>Radilaria</i>	欠补偿 盆地
同 1 井, 康 2 井, 方 1 井 和 4 井, 巴东 4, 和田 1 井 塔参 1 井, 中 4 井	褐色膏岩、盐岩、膏盐 岩、褐红色泥岩、灰色 泥质膏岩、泥质云岩		蒸发 台地
柯坪, 牙哈 5 井, 英买 7 井, 英买 36 井, 牙哈 10 井 牙哈 7×1 井	黄褐色、砖红色膏泥岩 泥质粉砂岩、白云岩 泥质白云岩和藻云岩	<i>Bathynotus nanjiangensis</i> , <i>Chittidilla nanjiangensis</i> , <i>Chittidilla yunnanensis</i> , <i>Chittidilla yunshancunensis</i> , <i>Kunmingaspis kalpinensis</i> , <i>Trachysphaeridium</i> <i>simples</i> , <i>Lophosphaeridium</i> sp., <i>Lophominuscula</i> sp., <i>Margominuscula</i> sp.	局限 台地

注:生物化石资料引自参考文献[20-23]。

色白云岩、粉砂岩、镁质泥灰岩,厚度达 300m。反映了被动陆缘区由封闭的水体较浅的潮坪环境向水体较深的斜坡环境转化。

塔木勒克塔格—小铁列一带的寒武纪中期地层(阿瓦塔格组)为灰色、深灰色薄层灰岩,厚层状含燧石团块细-中晶灰岩,古生物以浮游的球接子三叶虫为主,厚度近 550 m。岩层组合序列和古生物化石反映出,这里由寒武纪早期的广海陆棚演变为陆缘斜坡沉积环境。

在库鲁克塔格北区西大山、莫合尔山、库都克布拉克、乌里格孜塔格、兴地塔格等地,寒武纪中期地

层称为莫合尔山组,岩性为灰黑色、深灰色薄层状灰岩夹钙质页岩及中厚层灰岩,下部砂泥质灰岩增多,微层理发育,厚度变化较大,最厚达 300 m 以上。富含三叶虫化石,包含 5 个化石带: *Ptychagnostus atavus* 带, *Ptychagnostus punctuosus* 带, *Pseudophalacroma triangularis* 带, *Lejopyge laevigata* 带和 *Lejopyge sinensis* 带。此外还含有腕足类、海绵骨针、牙形类等化石^[20-21]。代表了该区处于浅水台地—半深水台沟斜坡沉积环境。

库南 1 井钻遇的寒武纪中期地层(莫合尔山组)厚 319.43 m, 主要为一套具复理石特征的深灰色

中-薄层状纹层泥质粉晶灰岩、泥质灰岩与黑色灰质泥岩、炭质泥岩互层,含三叶虫、腕足类及海绵骨针等化石。反映了水体较深的陆缘(台缘)斜坡-陆棚沉积环境特征。

2.2 南部被动陆缘

塔里木克拉通南部被动陆缘呈北西西向展布于叶城—和田—于田—民丰一带,向东至阿尔金古陆南端(图1)。地震资料显示,寒武纪—早奥陶世,这里发育了具有碎屑流特征的陆棚—斜坡—半深海沉积^[7]。然而在后期发生的多次较大规模的冲断推覆构造活动,使南部被动陆缘盆地被破坏或掩伏于冲断推覆席体之下(图3)^①。

3 库鲁克塔格—满加尔拗拉槽

寒武纪早期,库鲁克塔格—满加尔拗拉槽处于半深海—深海欠补偿盆地沉积环境^[24-26],范围包括库鲁勒—满西1井一线以东、塔东2井—罗布庄以北、兴地断裂以南地区,呈向东开口的槽形。

到寒武纪中期,库鲁克塔格—满加尔拗拉槽继续沉降,并向南扩展至古城2井—若羌—米兰以北。拗拉槽西部和南部与塔里木克拉通浅海台地以斜坡过渡,而北部与铁门关微陆块—库鲁克塔格水下台地之间仍以兴地断裂为界(图1)。

兴地断裂和孔雀河断裂此时期依然表现为同生断裂性质^[7],它们共同控制了断裂带南北寒武纪中期的构造沉积环境和沉积充填序列特征。

断裂带以北铁门关一带为陆地;库鲁克塔格北区为浅水台地及台沟—斜坡环境,沉积了灰黑色、深灰色薄层状灰岩夹钙质页岩及中厚层灰岩等具浊积岩特征的地层,厚度可达300 m以上。

在断裂带以南的库鲁克塔格—满加尔拗拉槽快速沉降区,雅尔当山—元宝山—却尔却克山一带的地表露头揭示,寒武纪中期地层(莫合尔山组)下部以灰黑色粉晶白云质灰岩、硅质岩、泥质硅质岩为主,夹泥粉晶灰岩、硅质泥岩;上部为灰黑色薄—中厚层状粉—泥晶灰岩、泥质灰岩及钙质页岩,夹泥质、白云质灰岩。总厚度126~191 m。含三叶虫类、海绵骨针、小壳类、牙形类及放射虫和双壳类等化石^[20-21],反映欠补偿的半深海盆地沉积环境。

塔东1井钻揭莫合尔山组(视厚90 m)岩性为

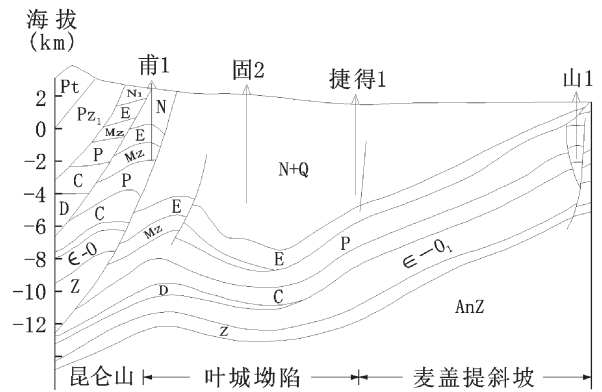


图3 塔里木盆地南部构造剖面(据资料^①修改)

Fig.3 Structural section of south Tarim Basin

黑色炭质泥岩夹泥质灰岩,含黄铁矿晶粒,泥岩中含粉砂质长石质陆源碎屑,具平行纹层理构造,含微古植物化石 *Leiopsophosphaera* sp, *Trachysphaeridium* sp, *Leiofusa* sp 和放射虫 *Radilaria*。塔东2井钻揭莫合尔山组(视厚51 m)岩性为黑灰色泥晶、粉晶灰岩及灰色、深灰色泥岩、硅质泥岩。英东2井钻揭莫合尔山组(视厚149 m)岩性为灰、灰黑、黑色泥岩、灰质泥岩、云质泥岩夹薄层泥质灰岩、含泥云岩、泥质云岩。塔东1井和塔东2井的莫合尔山组反映了台缘斜坡—半深海盆地还原环境,而英东2井的莫合尔山组则反映了欠补偿的半深海—深海盆地环境。

库南1井位于拗陷区西北部,钻揭的莫合尔山组厚度319.43 m,为深灰色纹层状泥质粉晶灰岩、泥晶灰岩及泥质灰岩与黑色灰质泥岩、炭质泥岩互层^[21-22],代表了拗陷区向塔里木克拉通陆表海盆地区过渡的斜坡—陆棚沉积环境。

4 塔里木克拉通陆表海盆地

塔里木克拉通陆表海盆地主要指托云—乌什—拜城—库车一线以南、轮台—羊屋1井—塔中32、34井—且末一线以西、英吉沙—叶城—和田—民丰一线以北的塔里木中西部地区。与寒武纪早期相比,由于受北昆仑洋、南天山洋强烈扩张以及库鲁克塔格—满加尔拗拉槽裂陷、沉降的影响,其范围有明显收缩(图1)。

寒武纪中期,塔里木块体位于17°S~25°S地区,与寒武纪早期相比气候变得干燥炎热,在陆表海盆

①中国石化西部新区勘探指挥部.塔里木盆地构造演化史与构造控油特征研究,2003.

地区广泛沉积了数百米的以膏盐岩及含膏白云岩为主的蒸发台地-局限台地相地层。

地震和钻井资料研究表明,蒸发台地相沉积区范围大致是,西至巴楚地区的同 1 井区、东到且末附近,南起玛扎塔格地区、北至玉东 2 井区,面积达 $23 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。目前发现膏盐沉积最多的是巴楚地区一塔中地区,多口井钻遇寒武纪中期膏岩或含膏岩地层。

在巴楚地区,同 1、康 2、方 1、和 4、巴东 4、和田 1 等钻井钻遇的寒武纪中期地层(阿瓦塔格组)普遍发育褐色膏岩、盐岩、膏盐岩、褐红色泥岩、灰色泥质膏岩、泥质云岩。同 1 井寒武纪中期地层(阿瓦塔格组)钻厚 426 m,其中膏岩和盐岩厚度 317.0 m;康 2 井钻厚 449 m,盐岩、膏岩累计厚度大于 400 m;方 1 井钻厚 467 m,盐岩、膏岩厚度累计约 430 m;和 4 井钻厚 484 m,膏岩和盐岩厚达 297.5 m;巴东 4 井钻揭的 365 m 地层厚度中,累计约 330 m 为膏盐岩;和田 1 井钻揭厚度为 652 m,岩性主要为褐色、褐红色盐岩、膏岩、膏盐岩、泥岩。

塔中地区的塔参 1 井和中 4 井钻揭的阿瓦塔格组厚度分别为 238.5 m 和 480 m,岩性主要为褐灰、深灰色白云岩、含灰质白云岩、含膏白云岩、黑色页岩、燧石结核白云岩、白云质膏岩,反映了蒸发台地-局限台地边缘区沉积环境。

在大片蒸发台地四周为局限台地沉积环境。如,柯坪地区的阿瓦塔格组主要为黄褐色、灰色、砖红色石膏化泥岩、泥质粉砂岩、泥灰岩、灰岩、白云岩等,厚度 143~330 m,该组下部发育 *Kunningaspis-Chittidilla* 三叶虫化石带;此外还发育微古植物化石等,显示局限台地环境(潟湖相)沉积特点;在英买力-牙哈地区,英买 7、英买 36、牙哈 5、牙哈 10、牙哈 7×1 等井钻揭的阿瓦塔格组岩性主要为巨厚层白云岩、厚层白云岩、泥质白云岩、泥粉晶白云岩和藻云岩等,厚 176~525 m,反映出半局限-局限台地潮坪-潟湖沉积环境特点。

在局限台地四周为环带状分布的开阔台地。该相带没有钻井揭露,主要依据前人研究资料推测。资料揭示,在台地东部水动力条件较好,可能有生物礁、滩发育^[24-25]。

5 油气地质条件

寒武纪早期,在塔里木陆表海盆地沉积了厚达数百米至近千米(阿满 2 井区厚度大于 900 m)的以

碳酸盐岩为主的局限-开阔台地相地层,其中富含有机质的玉尔吐斯组 and 肖尔布拉克组部分层段为良好烃源岩(累积厚度大于 200 m),裂隙和溶蚀空隙发育的各类碳酸盐岩提供了良好的油气储集空间;而寒武纪中期沉积的阿瓦塔格组数百米厚的以膏盐岩及含膏白云岩为主的蒸发-局限台地相地层(面积近 $23 \times 10^4 \text{ km}^2$),则为油气储存提供了区域性的优质封盖条件。至于库鲁克塔格-满加尔拗拉槽断(坳)陷盆地,尽管此时期沉积的莫合尔山组部分层段有机质含量较多,但由于此时期处于欠补偿状态,地层厚度较小(仅百余米),总资源量可能有限。在库鲁克塔格北区的莫合尔山组有中等程度的烃源岩发育,但已进入后生油阶段。

6 结论

(1)寒武纪中期,塔里木地区的古地理格局基本承袭了寒武纪早期的特征。但在此期间,南天山洋盆、北昆仑洋盆和库鲁克塔格-满加尔拗拉槽半深海-深海盆地范围明显扩大,而塔里木克拉通陆表海(浅海)盆地面积有所缩小。

(2)寒武纪中期,塔里木地区气候干燥炎热,陆表海盆地内广泛沉积了数百米的以膏盐岩及含膏白云岩为主的蒸发台地-局限台地相地层。蒸发台地范围大致为,西起巴楚地区的同 1 井区、东到且末附近,南起玛扎塔格地区、北至玉东 2 井区,面积达 $23 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

(3)寒武纪中期沉积的阿瓦塔格组数百米厚的以膏盐岩及含膏白云岩为主的地层,为油气的储存提供了区域性的优质封盖条件。

(4)在库鲁克塔格-满加尔拗拉槽断(坳)陷盆地,虽然莫合尔山组部分层段有机质含量较多,但烃源岩厚度较小(仅百余米),总资源量可能有限。在库鲁克塔格北区的莫合尔山组有中等程度的烃源岩发育,但已进入后生油阶段。

致谢:研究工作中得到了许志琴、乔秀夫、王士涛、王思恩、王宗起、李永安、彭阳等多位专家的支持和帮助,在此一并表示感谢。

参考文献(References):

- [1] 许效松,汪正江,万方,等.塔里木盆地早古生代构造古地理演化与烃源岩[J].地学前缘,2005,12(3):49-57.
Xu Xiaosong, Wang Zhengjiang, Wan Fang, et al. Tectonic paleogeographic evolution and source rocks of the Early Paleozoic

- in the Tarim Basin [J]. *Earth Science Frontiers*, 2005, 12(3):49-57 (in Chinese with English abstract).
- [2] 朱筱敏, 杨俊生, 张喜林. 岩相古地理研究与油气勘探[J]. *古地理学报*, 2004, 6(1):101-109.
- Zhu Xiaomin, Yang Junsheng, Zhang Xilin. Application of lithofacies palaeogeography in petroleum exploration [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2004, 6 (1): 101-109 (in Chinese with English abstract).
- [3] 李思田. 活动论构造古地理与中国大型叠合盆地海相油气聚集研究[J]. *地学前缘*, 2006, 13(6):22-29.
- Li Sitian. Mobilistic tectono-paleogeography and marine hydrocarbon accumulation in superimposed basins in China [J]. *Earth Science Frontiers*, 2006, 13(6):22-29(in Chinese with English abstract).
- [4] 代金友, 何顺利. 鄂尔多斯盆地中部气田奥陶系古地貌研究[J]. *石油学报*, 2005, 26(3):37-39,43.
- Dai Jinyou, He Shunli. Ordovician paleokarst landform of Central Gas Field in Ordos Basin [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2005, 26(3):37-39, 43(in Chinese with English abstract).
- [5] 宋建国, 李启明. 古地理、古气候与烃源岩—1992年AAPG/IFP国际学术会议综述[J]. *石油学报*, 1993, 14(1):51-54.
- Song Jianguo, Li Qiming. Paleogeography, Paleoclimate and source rock - A summary of AAPG/IFP 1992 international conference [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 1993, 14(1):51-54(in Chinese with English abstract).
- [6] 许效松, 门玉澎, 张海全. 古陆、古隆与古地理[J]. *沉积与特提斯地质*, 2010, 30(3):1-10.
- Xu Xiaosong, Men Yupeng, Zhang Haiquan. Old land, old uplift and palaeogeography [J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 2010, 30(3):1-10(in Chinese with English abstract).
- [7] 陈炳华. 冀中地区古构造和古地貌分析对评价古潜山油藏的意义[J]. *石油学报*, 1980, 1(4):49-55.
- Chen Binghua. On the relation between the distribution of the buried-hill oil fields and the evolution of paleostructures and paleogeomorphological features in middle hebei [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 1980, 1(4):49-55(in Chinese with English abstract).
- [8] 祝贺, 刘家铎, 孟万斌, 等. 塔里木盆地巴楚隆起寒武系层序及岩相古地理[J]. *新疆石油地质*, 2010, 31(4):344-348.
- Zhu He, Liu Jiaduo, Meng Wanbin, et al. The Cambrian sequence and lithofacies paleogeography in Bachu Uplift in Tarim Basin [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2010, 31 (4):344-348 (in Chinese with English abstract).
- [9] 王恕一, 黄继文, 蒋小琼. 塔里木盆地上奥陶统沉积及古地理特征[J]. *石油实验地质*, 2006, 28(3):236-248.
- Wang Shuyi, Huang Jiwen, Jiang Xiaoqiong. The sedimentary and palaeogeographic characteristics of the Upper Ordovician in the Tarim basin [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2006, 28(3): 236-248 (in Chinese with English abstract).
- [10] 何国琦, 李茂松, 韩宝福. 中国西南天山及邻区大地构造研究[J]. *新疆地质*, 2001, 19(1):7-11.
- He Guoqi, Li Maosong, Han Baofu. Geotectonic research of southwest Tianshan and its west adjacent area, China [J]. *Xinjiang Geology*, 2001, 19(1):7-11(in Chinese with English abstract).
- [11] 冯增昭, 鲍志东, 吴茂炳, 等. 塔里木地区寒武纪岩相古地理[J]. *古地理学报*, 2006, 8(4):427-439.
- Feng Zengzhao, Bao Zhidong, Wu Maobing, et al. Lithofacies Palaeogeography of the Cambrian in Tarim area [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2006, 8 (4):427-439 (in Chinese with English abstract).
- [12] 李荣社, 计文化, 赵振明, 等. 昆仑早古生代造山带研究进展[J]. *地质通报*, 2007, 26(4):373-382.
- Li Rongshe, Ji Wenhua, Zhao Zhenming, et al. Progress in the study of the Early Paleozoic Kunlun orogenic belt [J]. *Geological Bulletin of China*, 2007, 26(4):373-382 (in Chinese with English abstract).
- [13] 何登发, 周新源, 张朝军, 等. 塔里木地区奥陶纪原型盆地类型及其演化[J]. *科学通报*, 2007, 52(增刊):126-135.
- He Dengfa, Zhou Xinyuan, Zhang Chaojun, et al. Ordovician prototype basins and evolution in Tarim area [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2007, 52 (supp.):126-135 (in Chinese with English abstract).
- [14] 郭召杰, 李茂松. 中天山早古生代离散地体构造的讨论[J]. *北京大学学报(自然科学版)*, 1993, 29(3):356-362.
- Guo Zhaojie, Li Maosong. On the early Paleozoic dispersed terranes in Mid-Tianshan [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Univeritatis Pekinensis*, 1993, 29 (3):356-362 (in Chinese with English abstract).
- [15] 冯增昭, 鲍志东, 吴茂炳, 等. 塔里木地区寒武纪和奥陶纪岩相古地理[M]. 北京:地质出版社, 2005:59-71.
- Feng Zengzhao, Bao Zhidong, Wu Maobing, et al. Lithofacies Palaeogeography of the Cambrian and Ordovician in Tarim Area [M]. Beijing:Geological Publishing House, 2005:59-71(in Chinese with English abstract).
- [16] 汪新文, 陈发景. 塔北—南天山地区震旦—奥陶纪盆—山构造演化及其与油气关系[J]. *现代地质*, 1997, 11(3):313-321.
- Wang Xinwen, Chen Fajing. Sinian-Ordovician tectonic evolution of North Tarim and South Tianshan region and its relation to oil and gas [J]. *Geoscience*, 1997, 11 (3):313-321 (in Chinese with English abstract).
- [17] 汤良杰, 张一伟, 金之钧, 等. 塔里木盆地、柴达木盆地的开合旋回[J]. *地质通报*, 2004, 23(3):254-260.
- Tang Liangjie, Zhang Yiwei, Jin Zhijun, et al. Opening-closing cycles of the Tarim and Qaidam basins, northwestern China [J]. *Geological Bulletin of China*, 2004, 23 (3):254-260 (in Chinese with English abstract).
- [18] 何登发, 白武明, 孟庆任. 塔里木盆地地球动力学演化与含油气系统旋回[J]. *地球物理学报*, 1998, 41(增刊):77-87.
- He Dengfa, Bai Wuming, Meng Qingren. Geodynamic Evolution and Petroleum System Cycle of Tarim Basin [J]. *Acta Geophysica Sinica*, 1998,41(supp.):77-87(in Chinese with English abstract).
- [19] 何登发, 周新源, 杨海军, 等. 塔里木盆地克拉通内古隆起的成因机制与构造类型[J]. *地学前缘*, 2008, 15(2):207-221.

- He Dengfa, Zhou Xinyuan, Yang Haijun, et al. Formation mechanism and tectonic types of intracratonic paleo-uplifts in the Tarim basin[J]. *Earth Science Frontiers*, 2008, 15(2): 207-221 (in Chinese with English abstract).
- [20] 贾承造, 张师本, 吴绍祖, 等. 塔里木盆地及周边地层 [M]. 北京: 科学出版社, 2004: 1-110.
- Jia Chengzao, Zhang Shibei, Wu Shaozu, et al. Stratigraphy of the Tarim Basin and Adjacent Areas [M]. Beijing: Science Press, 2004: 1-110(in Chinese with English abstract).
- [21] 周志毅. 塔里木盆地各纪地层[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 1-80.
- Zhou Zhiyi. Stratigraphy of the Tarim Basin [M]. Beijing: Science Press, 2001: 1-80(in Chinese with English abstract).
- [22] 雍天寿. 塔里木盆地库南 1 井寒武—奥陶系 [J]. *新疆石油地质*, 1997, 18(4): 348-362.
- Yong Tianshou. Study on Cambrian-Ordovician in well kunan1, Tarim basin[J], *Xinjiang Petroleum Geology*, 1997, 18(4): 348-362 (in Chinese with English abstract).
- [23] 张师本, 黄智斌, 朱怀城, 等. 塔里木盆地覆盖区显生宙地层[M]. 北京: 石油工业出版社, 2004: 262.
- Zhang Shibei, Huang Zhibin, Zhu Huaicheng, et al. Phanerozoic Eonothem in Covered Area of Tarim Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004: 262(in Chinese with English abstract).
- [24] 贾承造, 魏国齐, 姚慧君, 等. 盆地构造演化与区域构造地质[M]. 北京: 石油工业出版社, 1995: 71-81.
- Jia Chengzao, Wei Guoqi, Yao Huijun, et al. Tectonic Evolution and Regional Structural Geology [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1995: 71-81(in Chinese).
- [25] 贾承造. 中国塔里木盆地构造特征与油气[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997: 390-424.
- Jia Chengzao. Tectonic Characteristics and Oil and Gas in Tarim Basin, China[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997: 390-424 (in Chinese).
- [26] 何登发, 贾承造, 李德生, 等. 塔里木多旋回叠合盆地的形成与演化[J]. *石油与天然气地质*, 2005, 26(1): 64-77.
- He Dengfa, Jia Chengzao, Li Desheng, et al. Formation and evolution of polycyclic superimposed Tarim Basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 2005, 26(1): 64-77(in Chinese with English abstract).
- [27] 孙晓猛, 王璞珺, 刘鹏举, 等. 兴地断裂构造特征及其演化历史 [J]. *新疆地质*, 2006, 24(4): 348-353.
- Sun Xiaomeng, Wang Pujun, Liu Pengju, et al. Structural features and tectonic evolutionary history of Xingdi fault [J]. *Xinjiang Geology*, 2006, 24(4): 348-353(in Chinese with English abstract).

Paleogeography and sedimentary environments of Middle Cambrian period in Tarim area

WANG Jian^{1,2}, HUANG Hua-fang^{1,2}, GAO Lin-zhi³

(1. Hebei Normal University, Shijiazhuang 050016, Hebei, China; 2. Hebei Key Lab. of Environmental Change and Ecological Construction, Shijiazhuang 050016, Hebei, China; 3. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

Abstract: The Middle Cambrian (corresponding to Stage 5, Drumian, Early Guzhanqian of Series 3) is an important sedimentary period of gypsum-halite rocks in Tarim area. Researches on paleogeography and sedimentary environments of Tarim area will help recognize the reservoir and distribution regularity. Based on previous studies, the authors investigated and analyzed 13 outcrops and 17 borehole sections, and consulted some seismic sections. By means of an analysis of stratigraphic and petrologic characteristics, the paleogeographic framework was rebuilt and a tectonic-sedimentary environment map of Tarim area was compiled. Some conclusions have been reached: (1) The paleogeographic pattern in Middle Cambrian period inherited the characteristics of Early Cambrian, but the South Tianshan Ocean, North Kunlun Ocean and Kuluketage-Manjiaer bathyal-deep sea basin were enlarged, and the areas of Tarim epeiric sea basin was reduced in Middle Cambrian. (2) Because the climate of Tarim area was xerothermic in that period, the evaporative platform of 23×10^4 km² was formed. Gypsum-halite rocks hundreds of meters in thickness were deposited in an evaporative environment, which provided high quality caprocks.

Key words: Tarim area; Middle Cambrian; paleogeographic pattern; tectono-sedimentary environment; evaporative platform

About the first author: WANG Jian, male, born in 1961, associate professor, engages in regional geological survey; E-mail: wjdb@sina.com.

About the Corresponding author: HUANG Hua-fang, professor; E-mail: hhf@mail.hebtu.edu.cn.