

# 塔里木盆地前寒武纪古构造格局 及其对下寒武统烃源岩发育的控制作用

杨鑫<sup>1,2,3</sup>, 徐旭辉<sup>2</sup>, 陈强路<sup>2</sup>, 钱一雄<sup>2</sup>, 陈跃<sup>2</sup>, 储呈林<sup>2</sup>

(1. 同济大学海洋与地球科学学院, 上海 200092;

2. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214000;

3. 中国科学院油气资源研究重点实验室, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:**塔里木盆地寒武系沉积前的古构造格局对于寒武纪早期快速海侵形成的优质烃源岩的分布有显著控制作用。结合钻井和露头资料研究了塔里木盆地南华纪—震旦纪的早期演化过程及寒武系沉积前的古构造格局,进而探讨了玉尔吐斯组和西山布拉克组源岩的分布特征。研究认为塔里木盆地在南华纪—震旦纪期间存在多个先后发育的、大小不等的、彼此孤立的裂陷中心,一般都经历了快速的填平补齐,晚震旦世沉积的白云岩段在全区基本可以对比,震旦期末期的柯坪运动导致盆内大部分地区抬升,造成区域上构造地貌的差异。寒武系沉积前盆地内存在EW向古隆起带,环绕古隆起带的盆地内大部分地区可能为地势平坦的滨浅海碳酸盐台地,古地貌特征表现为从中央隆起带向南北两侧平缓降低,下寒武统优质烃源岩的发育与寒武纪早期快速海侵过程中的热水活动—上升洋流—缺氧事件有关,古构造格局暗示其在北部拗陷一带应该具有稳定广泛的分布。

**关键词:**塔里木盆地;玉尔吐斯组;震旦纪;烃源岩

**中图分类号:**TE121.2

**文献标志码:**A

**文章编号:**1672-1926(2014)08-1164-08

**引用格式:**Yang Xin, Xu Xuhui, Chen Qianglu, *et al.* Palaeotectonics pattern in Pre-Cambrian and its control on the deposition of the Lower Cambrian source rocks in Tarim Basin, NW China[J]. Natural Gas Geoscience, 2014, 25(8): 1164-1171. [杨鑫, 徐旭辉, 陈强路, 等. 塔里木盆地前寒武纪古构造格局及其对下寒武统烃源岩发育的控制作用[J]. 天然气地球科学, 2014, 25(8): 1164-1171.]

## 0 引言

下寒武统底部的玉尔吐斯组及其同时异相的西山布拉克组是塔里木盆地内十分重要的源岩层段,其中玉尔吐斯组磷质、硅质岩和黑色页岩中的TOC含量高达7%~14%<sup>[1-2]</sup>,同一层位中的碳酸盐岩源岩的TOC平均含量也高达2.14%<sup>[3]</sup>,与之相比,来自上寒武统一、中、下奥陶统和上奥陶统的一些源岩样品的TOC含量要逊色得多<sup>[4-5]</sup>。但是玉尔吐斯组和西山布拉克组优质烃源岩的发育与分布规律一直是制约塔里木盆地古生界油气勘探的重点问题,目前揭示该层位的钻井很少,直接刻画该层段源岩

的分布十分困难,大部分学者<sup>[6-9]</sup>主要根据寒武系或中下寒武统的沉积相图进行约束,但存在资料控制点少和时间跨度较大等方面的问题,彼此争议较大。

众所周知,寒武纪起始阶段对应着一次生命大爆发和海洋缺氧事件,该时期形成的富有机质沉积层系在全球范围内均可对比。玉尔吐斯组黑色页岩和硅质岩样品中微量元素、稀土元素的含量显示,这套岩石组合可能与洋底快速扩张引起的区域海侵有关<sup>[2,10]</sup>。因此,海侵之前的古构造地貌对于玉尔吐斯组和西山布拉克组优质烃源岩的发育与分布有根本控制作用。本文以塔里木盆地北部地区为重点,结合钻井和露头资料分析塔里木盆地南华纪—震旦

收稿日期:2013-09-07;修回日期:2013-12-19.

基金项目:国家科技重大专项(编号:2011ZX05005-002-04-01)资助.

作者简介:杨鑫(1985-),男,湖北黄冈人,博士后,主要从事含油气盆地构造分析研究. E-mail:xyang85@126.com.

纪的早期演化及寒武系沉积前的古构造格局,进而探讨玉尔吐斯组和西山布拉克组源岩的分布特征。

1 南华纪—震旦纪盆地形成与演化

塔里木盆地周边南华系—震旦系露头仅在塔东北的库鲁克塔格地区、塔西北的柯坪地区和塔西南的叶城地区呈零星分布(表 1),多套新元古代冰碛岩的发现为地层对比提供了有利证据<sup>[11]</sup>。在库鲁克塔格地区可见贝义西组( $Nh_1b$ )、照壁山组( $Nh_1z$ )、特瑞爱肯组( $Nh_2t$ )、育肯沟组( $Z_1y$ )分别与下伏不同时代的地层呈构造不整合接触关系,在柯坪地区也见巧恩布拉克组( $Nh_1q$ )、尤尔美拉克组( $Nh_2y$ )和苏盖特布拉克组( $Z_1s$ )在不同露头剖面都与阿克苏群存在角度不整合接触关系,在塔西南叶城地区也见恰克马克里克组( $Nh_2q$ )、库尔卡克组( $Z_1k$ )与克孜苏胡木组( $Z_2k$ )之间存在多个角度不整合接触面,说明塔里木盆地在早期演化阶段沉降中心不断迁移,当时地貌落差大,距源区近,一般都经历了快速的填平补齐后,在晚震旦世全区基本接受了统一的台地相白云岩沉积。本文以柯坪地区露头剖面为例,阐述了塔里木盆地早期演化阶段的地层记录。

表 1 塔里木盆地露头区南华系—震旦系地层对比  
(据文献[12]修改)

Table 1 Stratigraphic correlation of Nanhua-Sinian around the Tarim Basin

系    统		组			
		柯坪 地层区	库鲁克塔格地层区		叶城 地层区
			孔雀河小区	辛格尔小区	
震旦系	上统	奇格布拉克组	汉格尔乔克组		克孜苏胡木组
			水泉组		
	下统	苏盖特布拉克组	育肯沟组		库尔卡克组
			缺失	扎摩克提组	雨塘组
南华系	上统	尤尔美拉克组	特瑞爱肯组		恰克马克里克组
			阿勒通沟组		
	下统	巧恩布拉克组	缺失    照壁山组		克里西组
			贝义西组		

柯坪地区南华系均不见底,以尤尔美拉克剖面出露最为典型,震旦系在肖尔布拉克剖面顶底清楚,可见苏盖特布拉克组底部紫红色厚层石英砾岩超覆于阿克苏群蓝片岩之上。阿克苏群组成柯坪地区变质基底,主要由一套灰绿色绢云母石英片岩、石英片岩和绿泥石片岩组成,是世界上仅有的 2 个有确切证据的前寒武纪蓝片岩之一,碎屑锆石的古老年龄

集中在 1 940Ma 左右<sup>[13]</sup>,侵入其中的基性岩墙为 759±9Ma<sup>[14]</sup>(锆石 LA ICP-MS U-Pb 法),原岩沉积时代可能为长城系—青白口系。

巧恩布拉克组属于海下扇浊流沉积,厚度超过 1 966m,未见底,主要由灰绿色长石砂岩、长石岩屑砂岩、粉砂岩及砾岩、砂砾岩组成,其成熟度低、分选差,岩性稳定而单一,粒级层发育,具不完整的鲍马序列。自上而下,由砂砾岩段、钙质砂岩段、冰碛岩段和砂岩段组成,分别代表海下扇不同部位的重力流沉积。在巧恩布拉克组底部粉砂质页岩段中见到很多蓝片岩角砾[图 1(a)],推测可能与阿克苏群基底不整合接触,上部砂砾岩段构成巧恩布拉克组的主体,厚度超过 1 200m,以灰绿色、紫红色的岩屑长石砂岩为主,野外可见紫红色页岩、粉砂质页岩向顶部过渡为砂岩和砾岩,构成反粒序层理[图 1(b)]。钙质砂岩段主要为灰绿色、深灰色薄层的钙质粉砂岩与钙质细砂岩互层,具水平微细纹层或微交错层理,粉砂岩、砂岩亦形成明显的韵律,位于水下扇的边缘。巧恩布拉克组内冰碛岩段相当于库鲁克塔格地区贝义西组、照壁山组冰期沉积,在尤尔美拉克剖面可见一套紫红色杂乱堆积的泥砾岩互层,疑似冰期与间冰期沉积,覆盖在薄层流水成因的砂砾岩之上。

尤尔美拉克组下部绛红色大陆冰川相泥砾岩与巧恩布拉克组上部砂岩段平行不整合接触,冰碛岩段厚 20 余米,尤尔美拉克剖面见到直径在 30cm 以上的蓝片岩漂砾,紫红色砂岩段覆盖在冰碛岩段之上。在乌什县阿克布拉克村公路还可见尤尔美拉克组冰碛岩呈舌状不整合于阿克苏群之上,阿克苏群顶部发育冰蚀坑和冰川擦痕[图 1(c)]。

肖尔布拉克剖面的苏盖特布拉克组主要为滨浅海相陆源碎屑岩沉积,富含海绿石,夹多层辉绿岩墙,分为 3 段,下段底部为紫红色石英砾岩、含砾粗砂岩,交错层理发育,向上为砂岩、粉砂岩和泥岩互层,反映滨岸相沉积特征;中段下部主要为紫灰色页岩、粉砂岩与辉绿岩互层,上部以灰绿色泥岩、粉砂岩为主,夹少量薄层泥灰岩,含海绿石,还见风暴沉积的角砾灰岩[图 1(d)],反映潮坪相—陆棚相为主的沉积特征;上段主要为灰色粉砂质泥岩、泥晶白云岩、白云质细砂岩和杂色页岩的岩性组合,夹薄层砂砾岩,反映沉积特征以潮坪为主。

奇格布拉克组与苏盖特布拉克组平行不整合接触,在肖尔布拉克剖面主要由一套滨浅海相浅灰色中厚层白云岩组成,自下而上包括泥晶白云岩段、藻云岩段和岩溶滑塌角砾白云岩段[图 1(e)],沉积厚

度稳定,厚 160m 左右,与上覆玉尔吐斯组底部黑色硅质岩段亦呈平行不整合接触。在库鲁克塔格地区的恰克马克铁什剖面也见岩溶滑塌角砾岩段[图 1 (f)],上下地层产状基本一致,另外,汉格爾乔克组

冰碛砾岩顶部发现大气淡水成因的“盖帽白云岩”<sup>[15]</sup>,兴地断裂南北见不同程度的剥蚀,显示该期构造运动(即柯坪运动)以垂直抬升为主,至少在塔北地区是广泛存在的。

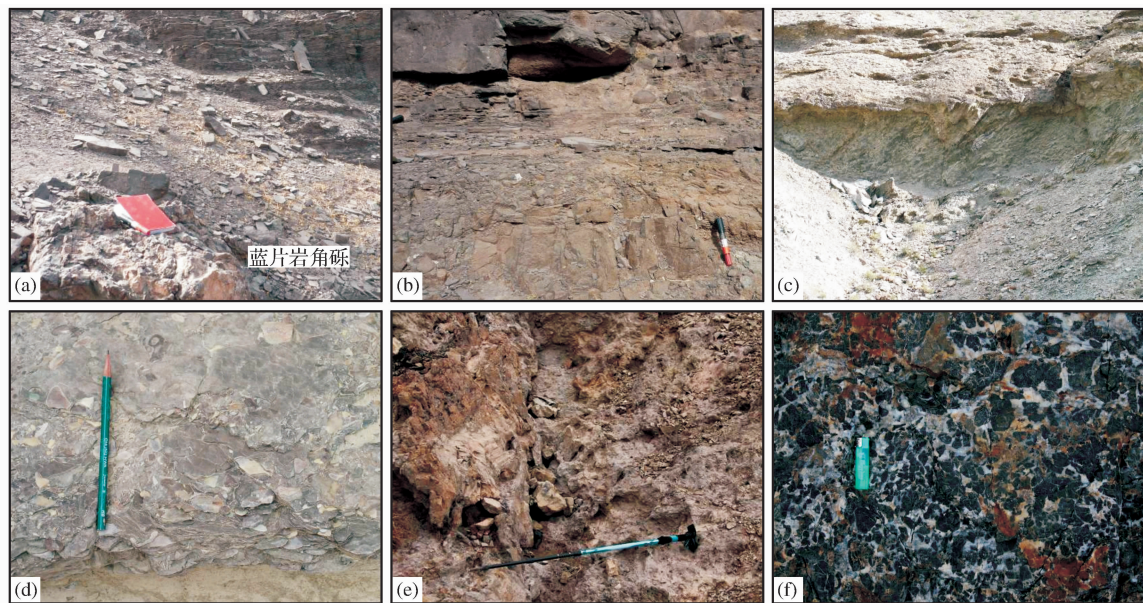


图 1 塔里木盆地北部地区南华系—震旦系露头地层特征

Fig. 1 Pictures show the Nanhua-Sinian outcrops in the northern Tarim Basin

(a) 尤尔美拉克剖面下南华统巧恩布拉克组底部粉砂质页岩中的蓝片岩角砾;(b) 巧恩布拉克组底部紫红色页岩、粉砂质页岩向顶部过渡为砂砾岩段;(c) 乌什县阿克布拉克村公路旁阿克苏群顶部发育的冰蚀坑;(d) 肖尔布拉克剖面苏盖特布拉克组上部风暴沉积的砾岩;(e) 肖尔布拉克剖面奇格布拉克组顶部岩溶角砾岩;(f) 库鲁克塔格地区恰克马克铁什剖面汉格爾乔克组顶部盖帽白云岩的岩溶缝洞

尤尔美拉克剖面的苏盖特布拉克组底部见薄层玄武岩,具气孔、杏仁构造,全岩地球化学特征显示这套火山岩属于大陆拉斑玄武岩系列,微量元素地球化学特征与典型的大陆溢流玄武岩非常相似,其岩浆可能来源于富集地幔,并受到一定的地壳混染<sup>[16]</sup>。南华纪—震旦纪期间,在库鲁克塔格地区也发育了 3 套含火山岩的沉积组合,分别是贝义西组( $Nh_1b$ )、扎摩克提组( $Z_1z$ )和水泉组( $Z_1s$ ),它们与苏盖特布拉克组火山岩性质类似,微量元素含量具有大陆玄武岩(包括大陆裂谷玄武岩和大陆溢流玄武岩)所特有的“大隆起”分配型式,不相容元素和 Sr—Nd 同位素特征显示岩浆源区可能与地幔柱上升后受到岩石圈地幔和地壳的混染过程有关<sup>[17]</sup>。在巴楚隆起以北的 F1 井揭示了同时期的板内双峰式火山岩组合,岩石类型主要包括碱性玄武岩、粗面岩、流纹岩和少量安山岩,并见百余米厚的同源碱性辉绿岩墙,相似火山岩组合在塔北隆起的 QG4 井也有揭示。

南华纪—震旦纪是塔里木盆地演化的早期阶

段,综合沉积建造和岩浆活动成因记录来看,该阶段的盆地形成、演化与全球性的超大陆裂解事件有关。大约 750Ma 时期,超级地幔柱上涌导致 Rodinia 大陆全面裂解<sup>[18]</sup>,塔里木板块从澳大利亚板块西北部分离,向南漂移,并存在逆时针旋转<sup>[19]</sup>,塔里木北部地区与大陆裂谷相关的火山活动发育,先后形成多个彼此孤立的裂陷中心,整体处于滨浅海环境,发育多个火山—沉积旋回。断陷距物源区近,迅速充填了一套灰绿色和紫红色交错的复理石沉积,一般快速填平补齐后就此夭折,经历短暂的沉积间断后,在南、北天山洋持续拉张背景下处于被动大陆边缘,晚震旦世构造相对平静,全区进入统一的浅海碳酸盐台地环境中,接受了一套稳定厚度的白云岩为主的岩石组合,在周边露头地层区均可以对比,包括柯坪地区的奇格布拉克组( $Z_2q$ )、塔西南地区的克孜苏胡木组( $Z_2k$ )以及库鲁克塔格地区的水泉组( $Z_2s$ )和汉格爾乔克组( $Z_2h$ )。震旦纪末期的柯坪运动导致大部分地区抬升,造成上震旦统顶部白云岩段不同程度的剥蚀和区域不整合接触关系。

2 寒武系沉积前古构造格局

目前盆地内揭示前寒武系基底的钻井有十余口,主要分布在古隆起上。图 2 是过巴楚隆起的 SN 向连井剖面,从图 2 中看,MB1 井基底由黑云钾长片麻岩(下元古界?)组成,上覆下寒武统肖尔布拉克组白云岩段( $\epsilon_{1x}$ ),缺失震旦系和玉尔吐斯组( $\epsilon_{1y}$ ),而南北两侧均钻遇震旦系,邻近的 BT5 井

震旦系主要由杂乱堆积的角砾岩组成,上覆肖尔布拉克组( $\epsilon_{1x}$ )云岩段,从砾屑组成来看,距黑云钾长片麻岩组成的基底源区很近,暗示寒武系沉积前以及玉尔吐斯组( $\epsilon_{1y}$ )沉积期二者之间的巴楚隆起可能处于剥蚀高地。

向北至 F1 井、T1 井一带,苏盖特布拉克组( $Z_1s$ )主要由巨厚基性火山岩过渡为砂泥岩与辉绿岩、凝灰岩交互沉积,上覆玉尔吐斯组( $\epsilon_{1y}$ ),缺失

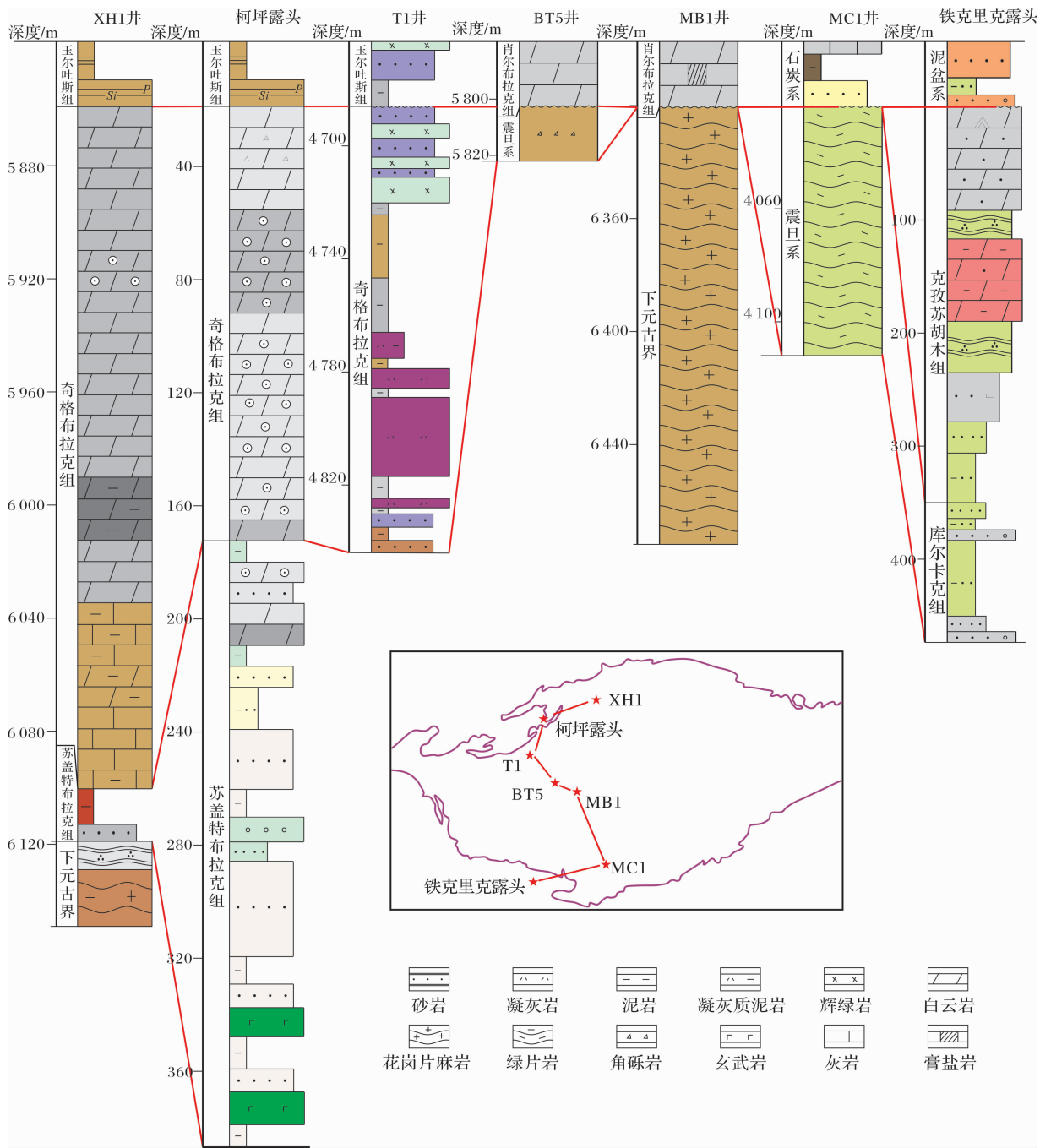


图 2 XH1 井—柯坪露头—T1 井—BT5 井—MB1 井—MC1 井—铁克里克露头前寒武系剖面对比

Fig. 2 Stratigraphic correlation of Pre-Cambrian in the section crossed well XH1, Keping outcrop, well T1, BT5, MB1, MC1 and Tiekerik outcrop



奇格布拉克组( $Z_2q$ )云岩段及部分苏盖特布拉克组( $Z_1s$ )碎屑岩段,反映寒武系沉积前该区也处于剥蚀高地,可能是柯坪运动导致了震旦系上部地层的裸露剥蚀。

巴楚隆起南侧的 MC1 井揭示加里东期构造运动造成石炭系与震旦系绿片岩系之间的不整合接触,这套浅变质岩与铁克里克露头区下震旦统库爾卡克组( $Z_1k$ )岩性类似,原岩主要为滨海相—陆棚相沉积,说明巴楚隆起以南的塔西南地区在震旦纪时也处于边缘裂陷的沉积区,至于 MC1 井白云岩段的缺失是否与柯坪运动有关,或者是加里东期运动所致,还不能确定。

图 3 是横穿巴楚隆起、塔中隆起和塔东隆起的连井剖面,反映盆地前寒武系及其上覆地层在 SN 向和 EW 向上均有明显的变化。TC1 井暗示塔中隆起基底可能以新元古代晋宁期的中酸性岩岩浆为主<sup>[20]</sup>,上覆肖尔布拉克组白云岩( $\epsilon_1x$ ),缺失震旦

系与玉尔吐斯组( $\epsilon_1y$ ),与巴楚隆起类似。TD2 井和 TD1 井均位于塔东隆起上,库鲁克塔格地区露头剖面显示上震旦统水泉组( $Z_2s$ )以砂质、白云质灰岩为主,汉格尔乔克组( $Z_2h$ )下部为冰碛岩,上覆薄层盖帽白云岩,因此 TD2 井和 TD1 井顶部白云岩段应该归属于上震旦统水泉组( $Z_2s$ ),上覆玉尔吐斯组( $\epsilon_1y$ )同时期沉积的西山布拉克组( $\epsilon_1x$ )泥灰岩、泥岩和泥质白云岩组合,缺失汉格尔乔克组( $Z_2h$ )冰碛岩和云岩段,暗示塔东隆起在晚震旦世末期也存在构造抬升。

YL1 井位于孔雀河斜坡,揭示了上南华统特瑞爱肯组( $Nh_2t$ )及上部地层,岩性组合下部以泥岩、粉砂岩为主,向上过渡为粉砂岩、紫红色砂岩为主,显示半深海—浅海沉积环境,水体相对其他部位有所变深,顶部虽然未见汉格尔乔克组( $Z_2h$ )云岩段,其粉砂岩段可能为同时异相沉积物,当然也可能是顶部云岩段遭受抬升后的剥蚀。

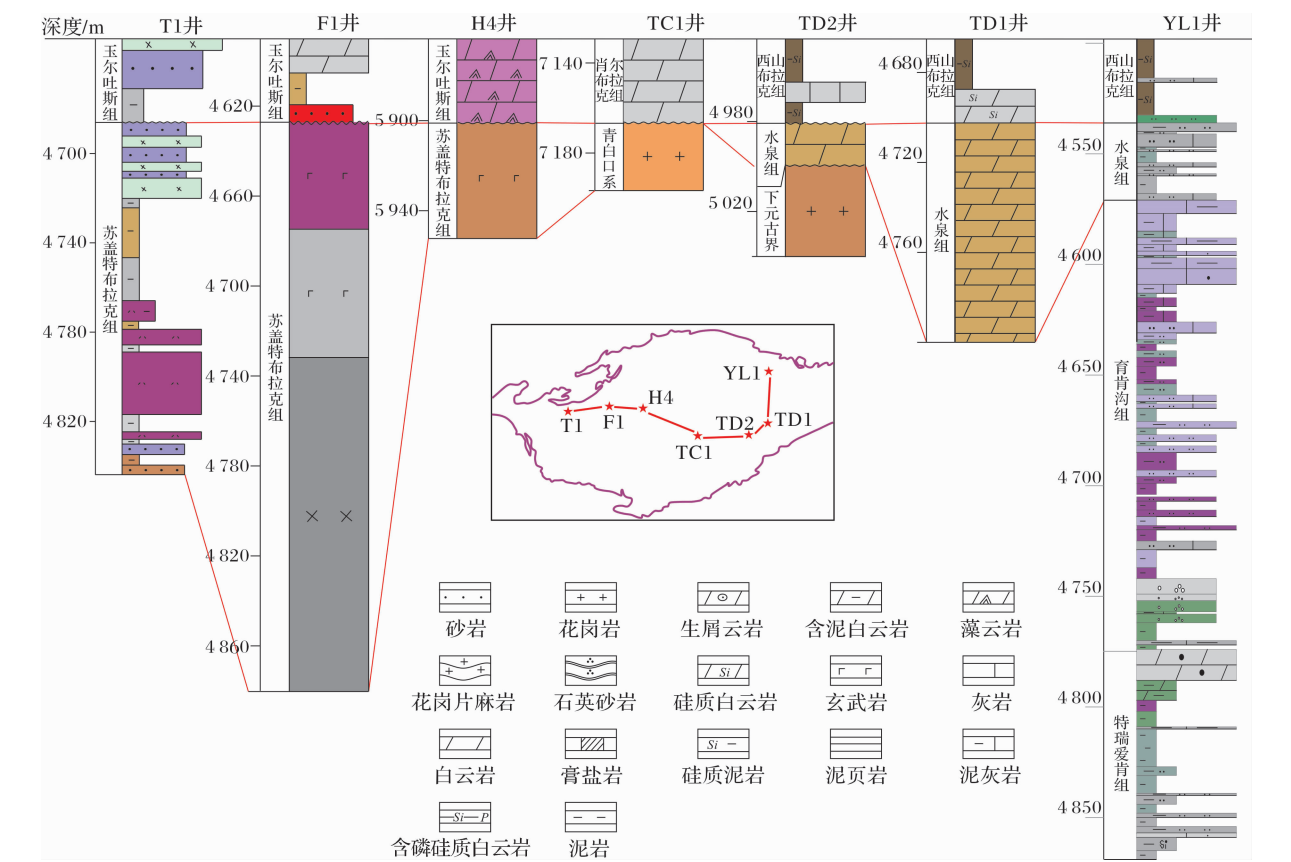


图 3 T1 井—F1 井—H4 井—TC1 井—TD2 井—TD1 井—YL1 井前寒武系剖面对比

Fig. 3 Stratigraphic correlation of Pre-Cambrian in the section crossed well T1, F1, H4, TC1, TD2, TD1 and YL1

总体而言,SN 向剖面反映 MB1 井、BT5 井存在晚震旦世隆起高地,北缘可能延伸到 T1 井、F1 井一带,隆起周缘以地势平坦的碳酸盐台地相为主,

EW 向剖面反映晚震旦世剥蚀高地向东延伸到 TD1 井附近,东西两端震旦系顶部的白云岩段在柯坪运动期间遭受剥蚀,古地貌特征表现为从中央隆起带

向南北两侧平缓降低。

### 3 下寒武统沉积体系与烃源岩发育

对于海相烃源岩发育的主控因素,大多数学者认为是缺氧环境、高有机质生产率和低沉积速率 3 个方面,并据此提出多种海相烃源岩的发育模式,包括上升洋流模式、黑海滞留盆地模式、大洋缺氧事件模式和深水陆棚—底栖藻席模式等<sup>[21-23]</sup>。张宝民等<sup>[24]</sup>认为这些模式都单方面的强调保存条件或高有机质生产力,实际上任何一个单因素分析都不能客观揭示高有机质丰度烃源层的形成机理,3 方面因素缺一不可。

玉尔吐斯组底部含磷硅质岩和泥页岩段的有机质丰度高,硅质岩的主量元素特征显示其形成于海底热水沉积环境,远离陆源区,与海底热水成因相关的微量元素在高有机质沉积层段中明显富集也证明了这一点,另外, Th/U 值和 V/Sc 值显示这套源岩组合的形成与海洋缺氧事件有关,可能是海底火山作用及其伴生的海底热水流体活动所致<sup>[2,10]</sup>。因此,玉尔吐斯组源岩的沉积环境与上述热水活动—上升洋流—缺氧事件模式比较符合。玉尔吐斯组沉积早期,周缘洋盆扩张,全球海平面上升,海水从北

面向塔中隆起带淹没,塔北地区整体处于盆地—深水陆棚相,上升洋流将海底热水流体活动区的多种微量元素,携至被动大陆边缘的欠补偿盆地中,为生物繁衍昌盛提供了养分,在溶解氧补偿深度(OCD)以下的缺氧还原环境中沉积了富有机质层系。

如图 4, 综合岩性组合和地震反射特征来看, XH1 井和柯坪地区肖尔布拉克露头剖面的含磷硅质岩、黑色泥页岩、细粉晶白云岩组合反映玉尔吐斯期盆地北部处于氧化还原面以下的宽缓斜坡, 是与上升洋流有关的优质烃源岩发育区。T1 井、F1 井、H4 井玉尔吐斯组以砂岩、藻灰岩为主, 反映该时期阿瓦提地区、巴麦—塔中地区可能主体处于氧化还原面以上的台地区。MB1 井、BT5 井和 TC1 井缺失玉尔吐斯组, 反映在塔南大台地区内部近 EW 向断续分布多个古隆起区。YL1 井、KN1 井、TD1 井及 TD2 井同时期沉积以硅质云岩、硅质泥岩为主, 反映满加尔地区处于盆地区。

这种“西台东盆中隆起”的沉积结构与前人<sup>[7,25]</sup>通过地震相刻画的下寒武统岩相古地理特征基本一致,与上述钻井揭示的前寒武纪古构造格局也有很好的对应关系,表现在下寒武统烃源岩的发育与下伏地层呈镜像对应。一般而言,震旦系残余厚

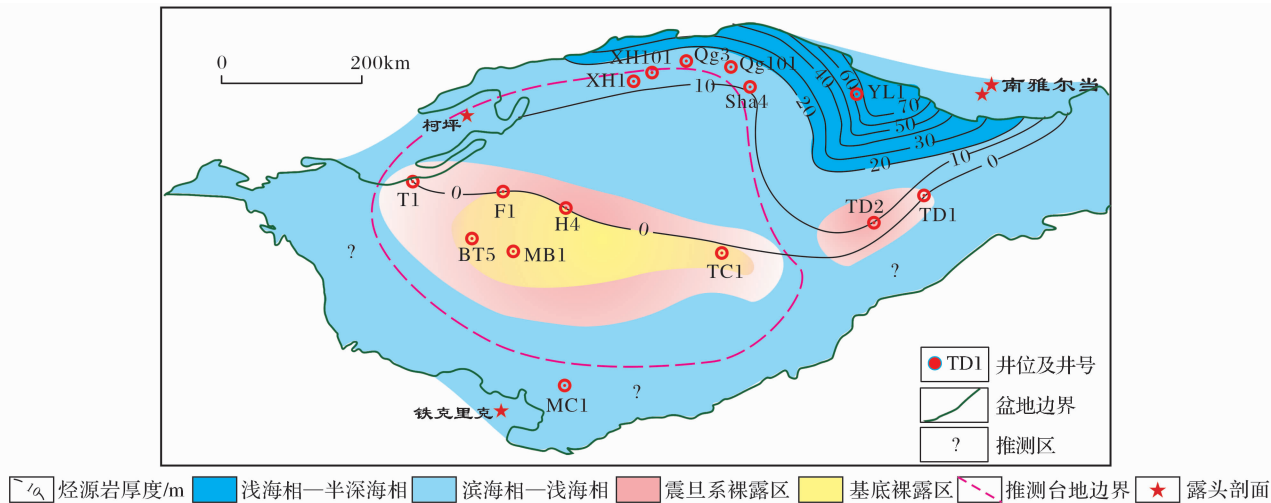


图 4 塔里木盆地寒武系沉积前古构造格局示意

**Fig. 4** A sketch map shows Pre-Cambrian tectonic-sedimentary framework of Tarim Basin

度越大,下寒武统烃源岩厚度就越大;上震旦统白云岩保留越好,上覆烃源岩发育就越有利;下震旦统碎屑岩、火山岩裸露地区,下寒武统泥页岩段厚度很小;变质基底的古隆起区都缺失下寒武统烃源岩。根据上升洋流模式,可以推测下寒武统优质源岩在北部拗陷的碳酸盐台地上应该稳定分布在 20m 以

内,向中央隆起带尖灭,满加尔凹陷内源岩厚度迅速增加到 80m 以上。

## 4 结论

(1)周缘南华系—震旦系露头地层发育特征反映塔里木盆地在早期演化阶段存在多个先后发育

的、大小不等的、彼此孤立的裂隙中心,当时地貌落差大,距源区近,一般都经历了快速的填平补齐后,在晚震旦世接受了统一的台地相白云岩沉积,在全区基本可以对比,震旦纪末期的柯坪运动导致大部分地区抬升,造成上震旦统顶部白云岩段的剥蚀和区域不整合接触。

(2) 钻井和露头剖面显示,寒武系沉积前盆地内存在东西向古隆起带,环绕古隆起带的盆地内大部分地区可能为地势平坦的滨浅海碳酸盐台地,在晚震旦世末的柯坪运动中,全区抬升遭受不同程度的剥蚀,古地貌特征表现为从中央隆起带向南北两侧平缓降低,下寒武统优质源岩与寒武纪早期快速海侵有关,构造古地貌特征暗示其在北部坳陷一带应该具有稳定广泛的分布。

#### 参考文献(References):

- [1] Zhang Shuichang, Jin Zhijun, Zhang Baomin, *et al.* The relation between the Cambrian-Ordovician high TOC source rock development and paleoenvironment variations in the Tarim Basin, western China: Carbon and oxygen isotope evidence [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2006, 80(3): 459-466. [张水昌, 金之钧, 张宝民, 等. 塔里木盆地寒武纪—奥陶纪优质烃源岩沉积与古环境变化的关系: 碳氧同位素新证据[J]. *地质学报*, 2006, 80(3): 459-466.]
- [2] Wu Xiaoqi, Tao Xiaowan, Liu Jingdong. Geochemical characteristics and genetic types of natural gas from Lunnan area in Tarim Basin[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2014, 25(1): 53-61. [吴小奇, 陶小晚, 刘景东. 塔里木盆地轮南地区天然气地球化学特征和成因类型[J]. *天然气地球科学*, 2014, 25(1): 53-61.]
- [3] Gao Zhiqian, Fan Tailiang, Li Yan, *et al.* Development pattern and distribution rule of source rock of Cambrian, Ordovician in Tarim Basin[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2006, 20(1): 69-76. [高志前, 樊太亮, 李岩, 等. 塔里木盆地寒武系—奥陶系烃源岩发育模式及分布规律[J]. *Geoscience*, 2006, 20(1): 69-76.]
- [4] Zhao Zongju, Zhou Xinyuan, Zheng Xingping, *et al.* Evidences of chief source rock in Tarim Basin[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2005, 26(3): 10-15. [赵宗举, 周新源, 郑兴平, 等. 塔里木盆地主力烃源岩的诸多证据[J]. *石油学报*, 2005, 26(3): 10-15.]
- [5] Gu Zhidong, Wang Zecheng, Hu Suyun, *et al.* Tectonic settings of global marine carbonate giant fields and exploration significance[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2012, 23(1): 106-117. [谷志东, 汪泽成, 胡素云, 等. 全球海相碳酸盐岩巨型油气田发育的构造环境及勘探启示[J]. *天然气地球科学*, 2012, 23(1): 106-117.]
- [6] Zhang Yueqiao, Jia Jindou, Jin Yongqiang, *et al.* Characteristics of Cambrian-Ordovician sedimentary facies in Tadong region and its sedimentary model[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2007, 18(2): 229-234. [张月巧, 贾进斗, 靳久强, 等. 塔东地区寒武—奥陶系沉积相与沉积演化模式[J]. *天然气地球科学*, 2007, 18(2): 229-234.]
- [7] Liu Wei, Zhang Guangya, Pan Wenqing, *et al.* Lithofacies paleogeography and sedimentary evolution of the Cambrian in Tarim area[J]. *Journal of paleogeography*, 2011, 13(5): 529-538. [刘伟, 张光亚, 潘文庆, 等. 塔里木地区寒武纪岩相古地理及沉积演化[J]. *古地理论*, 2011, 13(5): 529-538.]
- [8] Zhao Zongju, Luo Jiahong, Zhang Yunbo, *et al.* Lithofacies paleogeography of Cambrian sequences in Tarim Basin[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2011, 32(6): 937-948. [赵宗举, 罗家洪, 张运波, 等. 塔里木盆地寒武纪层序岩相古地理[J]. *石油学报*, 2011, 32(6): 937-948.]
- [9] Wu Xingning, Shou Jianfeng, Zhang Huiliang, *et al.* Characteristics of the petroleum system in Cambrian and Ordovician sequence frameworks of the Tarim Basin and its exploration significance [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2012, 33(2): 225-231. [吴兴宁, 寿建峰, 张惠良, 等. 塔里木盆地寒武系—奥陶系层序格架中生储盖组合特征与勘探意义[J]. *石油学报*, 2012, 33(2): 225-231.]
- [10] Sun Xingli, Chen Jianfa, Liu Wenhui, *et al.* Geochemical characteristics of cherts of Lower Cambrian in the Tarim Basin and its implication for environment[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2004, 31(3): 45-48. [孙省利, 陈践发, 刘文汇, 等. 塔里木盆地寒武统硅质岩地球化学特征及其形成环境[J]. *石油勘探与开发*, 2004, 31(3): 45-48.]
- [11] Gao Linzhi, Guo Xianpu, Ding Xiaozhong, *et al.* Nanhuan glaciation event and its stratigraphic correlation in Tarim Plate, China[J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 2013, 34(1): 39-57. [高林志, 郭宪璞, 丁孝忠, 等. 中国塔里木板块南华纪成冰事件及其地层对比[J]. *地球学报*, 2013, 34(1): 39-57.]
- [12] Jia Chengzao, Zhang Shibin, Wu Shaozu, *et al.* Stratigraphy of the Tarim Basin and Adjacent Areas [M]. Beijing: Science Press, 2004. [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.]
- [13] Zhu W B, Zheng B, Shu L S, *et al.* Neoproterozoic tectonic evolution of the Precambrian Aksu blueschist terrane, north-western Tarim, China: Insights from LA-ICP-MS zircon U - Pb ages and geochemical data [J]. *Precambrian Research*, 2011, 185(3): 215-230.
- [14] Zhang C L, Li Z X, Li X H, *et al.* Neoproterozoic mafic dyke swarms at the northern margin of the Tarim Block, NW China: Age, geochemistry, petrogenesis and tectonic implications [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2009, 35(2): 167-179.
- [15] Yang Ruidong, Zhang Chuanlin, Luo Xinyong, *et al.* New evidences on Neoproterozoic Hanksichou glaciation in Quruqtagh, Xinjiang, west China [J]. *Geological review*, 2007, 53(2): 228-233. [杨瑞东, 张传林, 罗新荣, 等. 新疆库鲁克塔格地区新元古代末期汉格勒乔克冰期成因新证据[J]. *地质评论*, 2007, 53(2): 228-233.]
- [16] Wang Fei, Wang Bo, Shu Liangshu, *et al.* Continental tholeiitic basalt of the Akesu area and its implication for the Neoproterozoic rifting in the northern Tarim[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2010, 26(2): 547-558. [王飞, 王博, 舒良树. 塔里木西北缘阿克苏地区大陆拉斑玄武岩对新元古代裂解事件的制约[J].

- 岩石学报,2010,26(2):547-558.]
- [17] Li Xiangmin, Xia Lin, Xia Zuchun, *et al.* Geochemical characteristics and petrogenesis of Neoproterozoic-Early Cambrian volcanic rocks in Tianshan area[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 2006, 25(5): 412-422. [李向民, 夏林, 夏祖春, 等. 天山地区新元古代一早寒武世火山岩地球化学和岩石成因[J]. 岩石矿物学杂志, 2006, 25(5): 412-422.]
- [18] Li Z X, Powell C M A. An outline of the palaeogeographic evolution of the Australasian region since the beginning of the Neoproterozoic[J]. *Earth-Science Reviews*, 2001, 53(3): 237-277.
- [19] Zhou Xiaobei, Li Jianghai, Fu Chenjian, *et al.* Discussions on the Cryogenian-Cambrian tectonic-sedimentary event and tectonic setting of northern Tarim Basin[J]. *Geology in China*, 2012, 39(4): 900-910. [周肖贝, 李江海, 傅臣建, 等. 塔里木西北缘南华纪—寒武纪构造背景及构造—沉积事件探讨[J]. 中国地质, 2012, 39(4): 900-910.]
- [20] Li Yuejun, Sun Longde, Hu Shiling, *et al.*  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  geochronology of the granite and diorite revealed at the bottom of Tacan 1, the deepest well in China[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2003, 19(3): 530-536. [李曰俊, 孙龙德, 胡世玲, 等. 塔里木盆地塔参1井底部花岗岩闪长岩的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学研究. 岩石学报, 2003, 19(3): 530-536.]
- [21] Tyson R V. The genesis and palynofacies characteristics of marine petroleum source rocks[J]. *Geological Society*, 1987, 26(1): 47-67.
- [22] Bouloubassi I, Rullkötter J, Meyers P A. Origin and transformation of organic matter in Pliocene-Pleistocene Mediterranean sapropels: Organic geochemical evidence reviewed[J]. *Marine Geology*, 1999, 153(1): 177-197.
- [23] Liang Digang, Guo Tonglou, Bian Lizeng, *et al.* Some progresses on studies of hydrocarbon generation and accumulation in marine sedimentary regions, southern China (Part 3): Controlling factors on the sedimentary facies and development of Paleozoic Marine source rocks[J]. *Marine Origin Petroleum Geology*, 2009, 14(2): 1-19. [梁狄刚, 郭彤楼, 边立曾, 等. 中国南方海相生烃成藏研究的若干新进展(三): 南方四套区域性海相烃源岩的沉积相及发育的控制因素[J]. 海相油气地质, 2009, 14(2): 1-19.]
- [24] Zhang Baomin, Zhang Shuichang, Bian Lizeng, *et al.* Initial discussion on the developmental model of Neoproterozoic-Lower Paleozoic marine source rocks in south China[J]. *Science Bulletin*, 2007, 52(supplement I): 58-69. [张宝民, 张水昌, 边立曾, 等. 浅析中国新元古—下古生界海相烃源岩的发育模式[J]. 科学通报, 2007, 52(增刊 I): 58-69.]
- [25] Yang Yongjian, Liu Jiaduo, Tian Jingchun, *et al.* Sequence Lithofacies paleogeography of Cambrian in Tarim Basin[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2011, 22(3): 450-459. [杨永剑, 刘家铎, 田景春, 等. 塔里木盆地寒武纪层序岩相古地理特征[J]. 天然气地球科学, 2011, 22(3): 450-459.]

## Palaeotectonics Pattern in Pre-Cambrian and Its Control on the Deposition of the Lower Cambrian Source Rocks in Tarim Basin, NW China

YANG Xin<sup>1,2,3</sup>, XU Xu-hui<sup>2</sup>, CHEN Qiang-lu<sup>2</sup>, QIAN Yi-xiong<sup>2</sup>, CHEN Yue<sup>2</sup>, CHU Cheng-lin<sup>2</sup>

(1. School of Ocean and Earth Science, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Wuxi Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi 214000, China; 3. Key Laboratory of Petroleum Resources Research, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** Excellent source rocks formed during the rapid transgression at early stage of Cambrian, so they should be controlled by palaeotectonics pattern before the Cambrian deposited significantly. Combined with drilling and outcrop data, we analyzed the early evolution of Tarim Basin from Nanhuaan to Sinian and the palaeotectonics pattern before the Cambrian deposition. Furthermore, the distribution characteristic of source rocks of Yuertusi Formation and Xishanbulake Formation was discussed. The study revealed that several subsidence centers with different sizes and isolated from each other formed one after another in Nanhuaan and Sinian, and most of the subsidence were filled rapidly. The dolomite deposited in Late Sinian could be contrast basically in the region. Most parts of the basin uplifted under the control of the Keping movement in Late Sinian, which causing regional differences in the tectonic geomorphology. An ancient uplift existed in the center of Tarim Basin from west to east before the Cambrian deposition, and it was surrounded by shore shallow carbonate platform. The palaeogeomorphology was characterized by high in the middle and gradually lower to north and to south. The formation of excellent source rocks in Lower Cambrian is closely related to hydrothermal activity-upwelling oceanic current-anoxic events. The palaeotectonics pattern implied that source rocks in Lower Cambrian should distributed stable and widely in northern depression of Tarim Basin.

**Key words:** Tarim Basin; Yuertusi Formation; Sinian; Resource rocks