

# 塔里木盆地北缘南华纪—寒武纪构造背景 及构造—沉积事件探讨

周肖贝<sup>1,2</sup> 李江海<sup>1,2</sup> 傅臣建<sup>1,2</sup> 李文山<sup>1,2</sup> 王洪浩<sup>1,2</sup>

(1. 北京大学地球与空间科学学院, 北京 100871; 2. 造山带与地壳演化教育部重点实验室, 北京大学, 北京 100871)

**摘要:**以塔里木盆地西北缘和东北缘南区南华系—寒武系野外地质调查为基础,结合古地磁成图及前人研究资料,针对构造—沉积事件等探讨盆地北缘南华纪—寒武纪成盆演化过程。研究区保存了完整的南华系—寒武系地层,其中塔东北缘以冰碛岩、碎屑岩(富含有机质)和碳酸盐岩为主,夹多层火山岩;塔西北缘以碎屑岩和碳酸盐岩为主,冰碛岩及火山岩夹层少。塔里木陆块从属于罗迪尼亚超大陆,其北缘邻近澳洲西缘,南华纪—震旦纪发生深度裂解。在它的东北缘和西北缘发育两支裂谷,形成厚层裂谷—被动边缘沉积。南华系—中奥陶统为盆地残留的较早的裂谷—被动陆缘盆地沉积,可划分为南华纪断陷期(超大陆裂解期)和震旦纪—中奥陶世沉降期(板块漂移期)。

**关键词:**塔里木盆地;阿克苏;库鲁克塔格;新元古代;构造背景

**中图分类号:**P548 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2012)04-12

塔里木盆地作为中国西部大陆面积最大的含油气沉积盆地,是一个发育在塔里木板块中部稳定区的大型复合叠合盆地<sup>[1]</sup>,油气资源丰富。从南华纪到新近纪,盆地经历过漫长的、多期构造变革和多个原盆地叠合、改造的地质演化史。自新元古代晚期以来,塔里木板块以及周缘地区经历了古亚洲洋盆和特提斯洋盆的开启、俯冲和闭合,以及与附近微陆块的碰撞造山作用,发生多期构造和岩浆事件<sup>[2]</sup>。

长期以来,对塔里木盆地不同时期盆地原型的恢复及古板块构造格局再造,一直是塔里木盆地研究面临的前缘问题。以往对塔里木陆块晚古生代以来的构造演化已有深入研究<sup>[3-12]</sup>,但南华纪—寒武纪期间塔里木陆块构造属性不明,成盆期构造背景及构造—沉积事件等问题仍需要详细探讨。由于塔里木盆地广泛为中生代巨厚的沉积和第四纪沙漠覆盖,仅在盆地边缘保留完整的南华系—寒武系露头(西北缘、东北缘和西南缘),故本文以塔里木盆地北缘露头研究为基础,利用地层岩相对比及古地磁成图和周缘年龄数据等综合探讨北缘南华纪—寒武纪

构造背景及构造—沉积事件。

## 1 地质背景

塔里木盆地周缘现今为造山带所环绕,北缘和西缘为天山造山带,南缘为西昆仑造山带和阿尔金山造山带(图 1),处于中亚古生代造山带与特提斯造山带之间。塔里木陆块及其周缘造山带记录了新元古代、泛非期—加里东期、海西期、古特提斯以及喜马拉雅造山作用的影响。在其漫长的地质演化中,经历了罗迪尼亚超大陆、冈瓦纳大陆、劳亚大陆的聚合—裂解的过程。泛非—加里东期、中亚、特提斯造山带对塔里木陆块构造演化产生重要影响,期间不同层次的原型盆地的发育和叠合与之相对应。

塔里木盆地经历了多个重要变革期,影响盆地构造古地理,并形成多个重要不整合<sup>[13]</sup>。新元古代晚期,塔里木地块北缘与澳大利亚西北缘(现代方位)相连,均位于北半球中高纬度的地区<sup>[14]</sup>,之后塔里木板块从澳大利亚西北缘分离,形成广泛的裂谷事件。澳大利亚西北缘盆地的沉积和火山岩记录了在晚新

收稿日期:2012-01-31;改回日期:2012-07-01

基金项目:国家重点基础研究发展计划“973”项目(2009CB219302)资助。

作者简介:周肖贝,女,1989年生,博士生,构造地质学专业;E-mail:xiabeiyixin@gmail.com。

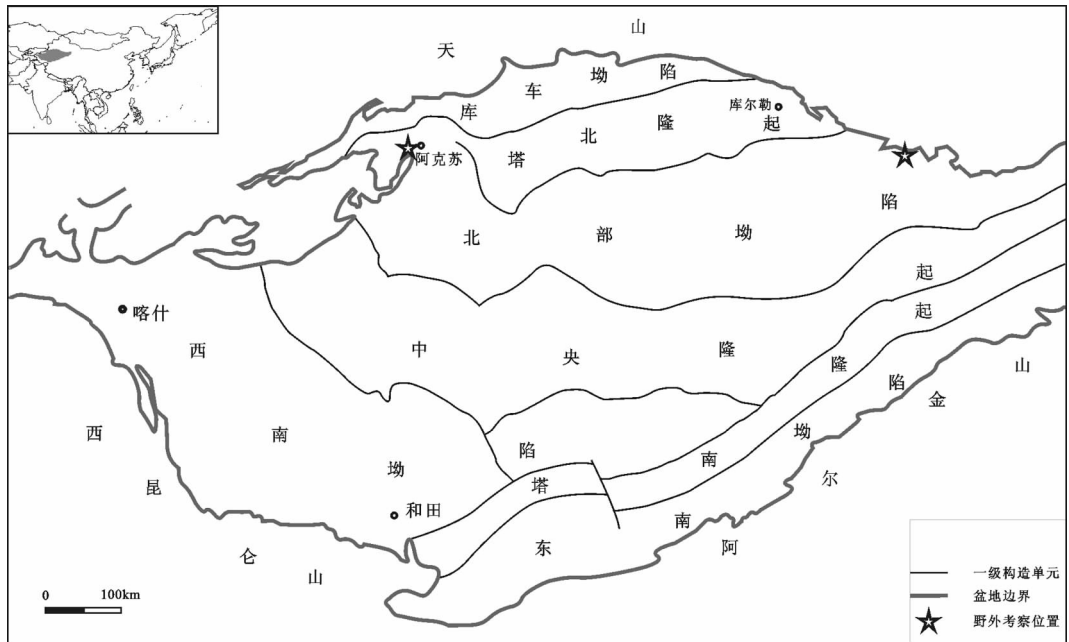


图 1 塔里木盆地构造区划图(据塔里木油田,2008 年修改),附图中指示盆地位置

Fig.1 Simplified tectonic units of Tarim Block (modified after Tarim Oil Field,2008)

元古代到早寒武世时期大陆块处于裂谷阶段<sup>[15-17]</sup>,而塔西北缘的阿克苏岩脉、塔东北缘南华系和震旦系火山岩等所反映的岩浆事件<sup>[18-21]</sup>可与澳大利亚西北缘进行对比。塔里木盆地东北部初始被认为是库鲁克塔格—满加尔坳拉槽,之后为塔东北裂陷槽,裂陷中心处于孔雀河地区,其北翼位于库鲁克塔格地区,盆内覆盖区北缘构成其南翼,满加尔为该南翼向南延的边缘坳陷<sup>[22]</sup>。

## 2 南华纪—寒武纪沉积地层

塔里木盆地南华系—寒武系露头分别位于塔里木盆地西北缘、东北缘及西南缘。本文野外地质调查涉及塔里木盆地西北缘阿克苏—乌什地区肖尔布拉克剖面、库勒西剖面、库勒北剖面、苏盖特布拉克剖面、乌什剖面(图 2)和塔里木盆地东北缘库鲁克塔格地区南区的雅尔当山剖面等 6 个剖面。鉴于前人对库鲁克塔格地区的研究主要集中在北区,本文以南区考察为基础,综合北区成果综合探讨塔里木盆地东北缘库鲁克塔格地区的沉积地层。

### 2.1 塔里木盆地西北缘

塔里木盆地西北缘出露新元古代—早古生代地层,主要位于阿克苏地区。阿克苏地层单元属于柯坪塔格地层小区,东起阿克苏、温宿一带,经印干、柯

坪,西止于阿图什北;南以柯坪塔格南麓为界,北以皮羌—苏巴什一线以北与阿合奇小区相接(图 2)。

新元古界青白口系阿克苏群蓝片岩主要出露于阿克苏市西南约 20 km 处及乌什剖面(图 2),呈北东—南西向分布,宽约 20 km,长约 40 km。乌什剖面处蓝片岩呈狭长带展布,长约 20 km,最宽处约 6 km。片岩褶皱变形强烈(图 3-b),由蓝片岩相过渡到绿片岩相,并且有辉绿岩岩墙侵入,但岩墙并未穿入上覆的震旦系。阿克苏蓝片岩是迄今为止世界上所发现的最典型的前寒武纪蓝片岩之一。

南华系出露于尤尔美那克和巧恩布拉克。下统巧恩布拉克组为一套浅—深海相的碎屑岩,代表寒冷气候条件下浅—深海碎屑浊流沉积。上统尤尔美那克组为大陆冰川堆积的紫红色冰碛岩、砂岩(图 3-c),角度不整合覆于巧恩布拉克组之上。冰期大致相当于塔里木东北缘库鲁克塔格特瑞爱肯组冰期沉积,未见到南华系与阿克苏群及震旦系之间的接触面。

元古宙晚期,塔里木运动之后形成了古塔里木板块,并于震旦纪开始裂解。塔里木盆地西北缘的震旦系不整合于青白口系阿克苏群结晶基底之上(图 4)。震旦系下统苏盖特布拉克组底部存在底砾岩,可见阿克苏群片岩角砾,向上逐渐过渡为滨海相砂岩、

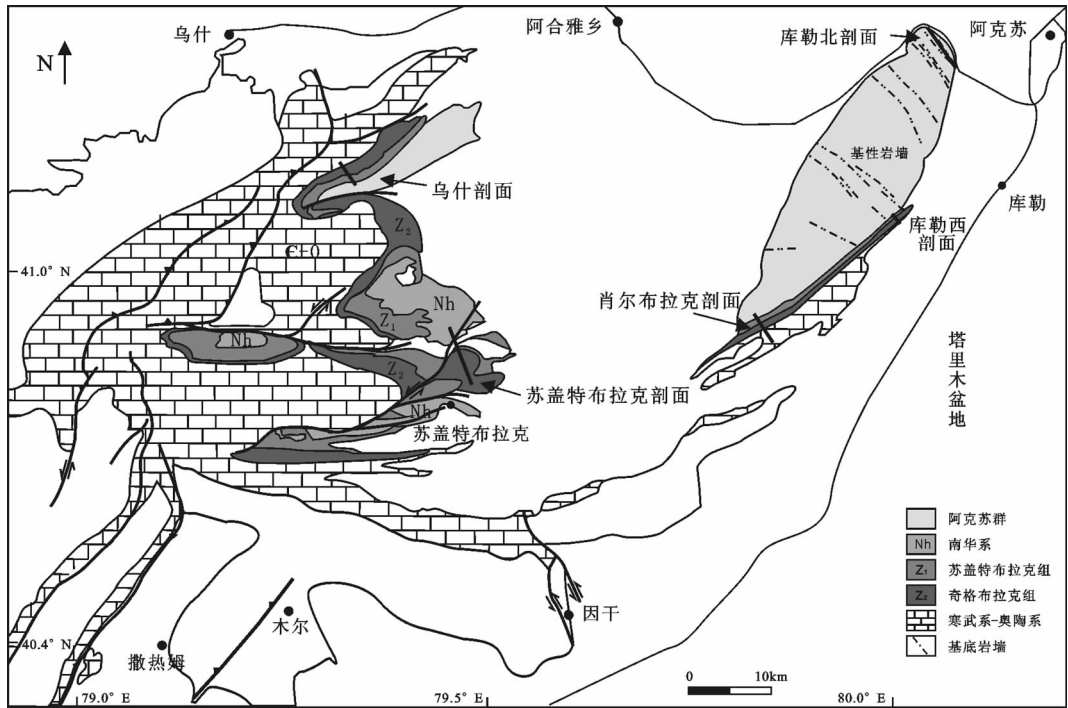


图2 塔里木盆地西北缘南华系-寒武系地层露头分布<sup>[23]</sup>

Fig.2 Map showing distribution of Nanhua-Cambrian outcrops in northwest Tarim Basin<sup>[23]</sup>

粉砂岩。主要以紫红色砂岩为主,顶部存在浅绿色砂岩,可见浪成干涉波痕(图3-f)。基底不整合面的位置、底砾岩厚度等在本地区有明显变化,表明在初始伸展阶段多形成小的、孤立的沉积中心。该组地层中的玄武岩夹层记录了火山活动,与滨海相沉积一起反映了裂谷阶段的发展过程。震旦系上统奇格布拉克组由台地相厚层浅灰色白云岩组成,充填物较少,富含叠层石,显示存在盆地范围的海侵并且裂谷活动达到了高潮阶段。晚震旦世末期的柯坪运动,使本区普遍隆升,表现为肖尔布拉克西沟奇格布拉克组顶部发育风化壳,并存在溶蚀构造。下震旦统苏盖特布拉克组为滨海相沉积,逐渐过渡到上震旦统奇格布拉克组台地相沉积(图3-a、图4),为同裂谷期沉积物。

寒武系不整合于震旦系之上,以海相白云岩为主,整体表现为单斜地层,仅在部分组中出现褶皱和古溶洞等。早寒武世,区内地壳下沉,相对海平面快速上升,形成新的海侵。底部玉尔吐斯组多为含磷硅质岩,夹有黑色页岩层(图3-g)。下寒武统肖尔布拉克组及上寒武统下丘里塔格组白云岩中方解石充填均较多,抗风化能力强,且后者普遍发育叠层石。中

寒武统阿瓦塔格组则以“红层”与寒武系其他组的地层明显区分开,上部主要为紫红色泥岩与粉晶白云岩互层,中部主要为钙质泥岩与粉晶白云岩互层,底部主要为钙质泥岩,含有少量泥质灰岩,局部含有竹叶状构造,为蒸发台地相。

早寒武世海侵达到高峰后,随即发生海退,中寒武世后期海平面达到最低点,地势较高的地方发生强烈的蒸发作用,发育了较厚的膏盐层,而在地势较低的地方蒸发作用不明显,沉积了红色泥页岩和白云岩,使原来较平缓的地势更趋平坦。西北缘在中寒武世晚期地势较低,沉积了阿瓦塔格组红色泥页岩。晚寒武世再次发生海侵,海水由北向南推进,一直到达铁克里克古隆起的边缘,使塔里木西部成为一片广阔的浅水台地海域,为叠层石发育提供了有利条件。

## 2.2 塔里木盆地东北缘

塔里木盆地东北系指库尔勒和若羌连线以东、罗布庄凸起以北的地区,面积约 $6.0 \times 10^4$  km<sup>2</sup>。露头、钻井及地震资料分析揭示,上震旦统、寒武系、奥陶系及志留系,最大沉积厚度可达12 000 m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厚约650 m。寒武系主要

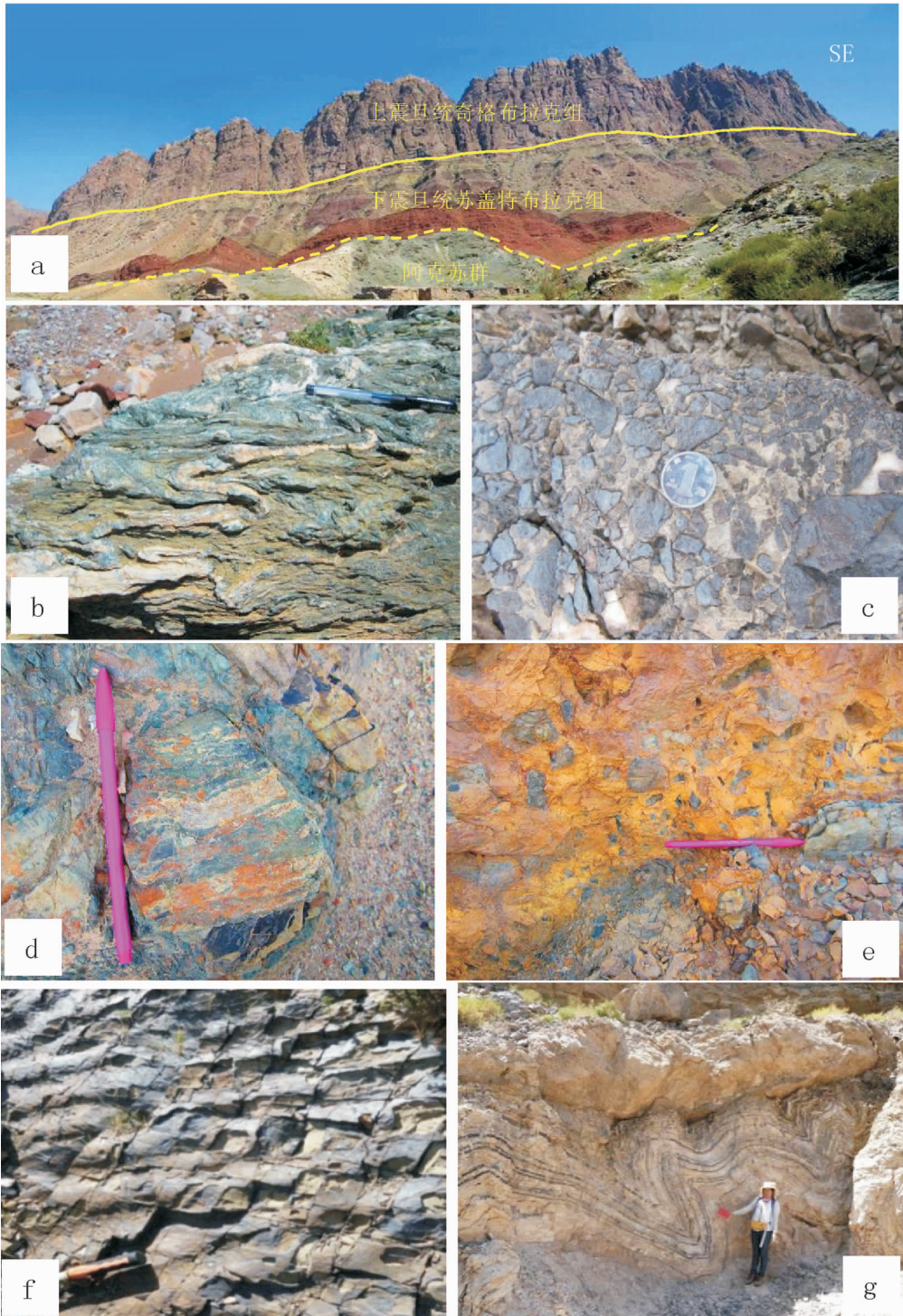


图 3 塔里木盆地北缘新元古界-寒武系地层岩性特征  
 a—乌什剖面地层远景图;b—乌什剖面阿克苏群片岩;c—苏盖特布拉克剖面南华系冰碛岩;d—塔东北缘雅尔当山剖面阿勒通沟组冰碛岩;e—雅尔当山剖面盖帽碳酸盐岩底部,夹杂灰绿色冰碛岩角砾;f—库勒西剖面下震旦统苏盖特布拉克组浪成干涉波痕;g—肖尔布拉克剖面下寒武统玉尔吐斯组层内褶皱

Fig.3 Lithologic characteristics of Nanhua - Cambrian strata in northern margin of Tarim Basin

a—Strata in Wushi section; b—Schist of Aksu Group in Wushi section; c—Tillite of Nanhua System in Sugaitebulake section; d—Tillite of Altungal Formation in Yaerdang section of northeast Tarim; e—Bottom of cap carbonate of Yaerdang section, with a little green-gray tillite breccia; f—Wave- interference ripples in Sugaiteblake Formation of west Kule section; g—Intrastratal fold in Yuertusi Formation of Xiaerbulake section

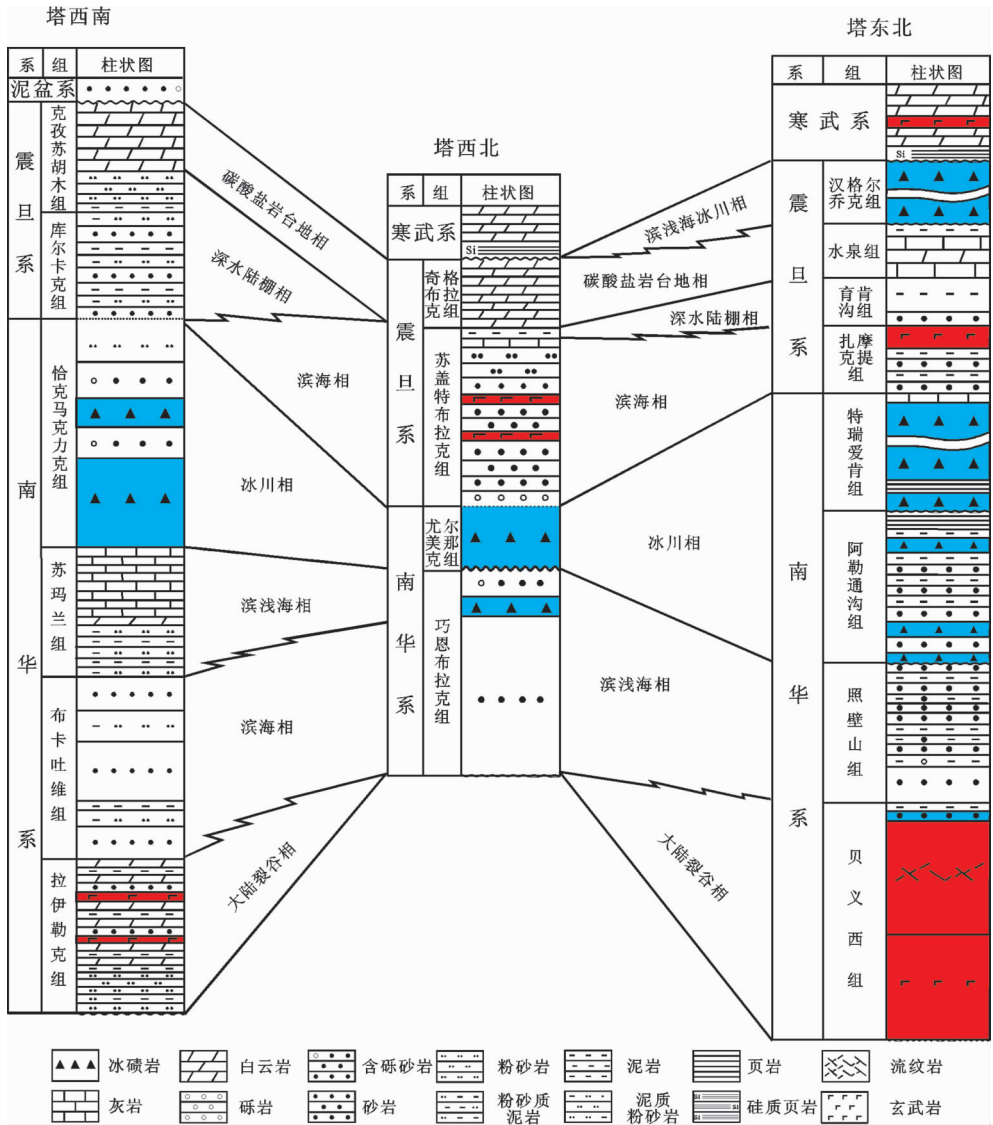


图4 塔里木盆地新元古界-寒武系地层露头区对比图<sup>[24,25]</sup>

Fig.4 Stratigraphic correlation of Nanhua-Cambrian systems in Tarim Basin<sup>[24,25]</sup>

是一套碳酸盐岩、硅质岩和页岩沉积，厚度分布较稳定，多在 300~400 m。奥陶系十分发育，基本上是一套碎屑岩，最厚可达 7 000 m 以上，一般厚 2 000~3 000 m。

南华系贝义西组厚度可达 1 000 m，下部为以块状玄武岩为主的一套中基性火山岩，上部为以流纹岩为主的一套中酸性火山岩，反映大陆裂谷环境。照壁山组在南区未见，仅出露于北区。阿勒通沟组底部为一套冰川沉积形成的巨厚的灰绿色冰碛岩（图 3-d），可与全球 Sturtian 冰期事件相对应。其顶部为盖帽白云岩（图 3-e）、黑色炭质页岩与薄层硅质岩互层，属于冰期之后的潮间及闭塞海湾沉积。特瑞爱

肯组以冰碛岩为主，下部夹页岩。

震旦系整合于南华系之上（图 4）。育肯沟组主要为石英砂岩与深灰色薄-中层粉砂质泥岩、粉砂岩互层，为滨海相沉积。水泉组底部为灰黄色薄-中层泥粉晶砾屑云岩夹泥晶云岩，上部为灰绿色薄层泥岩夹紫红色粉砂岩、灰黄色薄层泥晶云岩，发育纹层构造，整体为混积潮坪相沉积。汉格洛克组下部为黄绿色冰碛岩，上部为盖帽白云岩，推断为滨浅海冰川相沉积，可对应于全球 Gaskier 冰期事件。

寒武系不整合于震旦系之上。下寒武统西山布拉克组下部为深灰-灰黑色薄层状硅质岩夹火山

岩;上部为硅质岩夹泥质、硅质碳酸岩,底部存在一层含磷硅质岩,为次深海盆地沉积,与塔里木盆地西北缘寒武系底部沉积类似。西大山组以纹层状粉晶云岩、云质灰岩(含铁质结核)和粉晶灰岩为主夹钙质泥岩,为次深海盆地沉积。

中寒武统莫合尔山组底部为深灰-灰黑色钙质泥岩与粉晶灰岩互层,夹泥晶灰岩、细晶灰岩;上部为深灰色薄层泥粉晶云质灰岩与薄层泥岩互层,灰-深灰色泥晶灰岩夹泥质灰岩、砂屑灰岩和泥岩,代表广海陆棚沉积。

上寒武统突尔沙克塔格组下部为深灰色泥质灰岩与薄层瘤状灰岩、细砂屑灰岩互层,组成细粒砂屑灰岩-瘤状灰岩(含铁质结核)-泥晶灰岩-泥质灰岩的多个旋回;中部为深灰色细砂屑灰岩夹深灰色泥岩、瘤状灰岩及泥晶灰岩,细粒砂屑灰岩-瘤状灰岩-泥岩-泥晶灰岩旋回;上部为灰色薄中层砂屑灰岩,块状砾屑灰岩、泥晶灰岩互层,夹钙质泥岩和泥质灰岩,常以颗粒灰岩为底组成向上变细的旋回。该组构造变形复杂,发育同沉积构造,推断为台地边缘斜坡沉积。

### 3 南华纪-寒武纪构造性质及其演化阶段

#### 3.1 南华纪-寒武纪古板块位置

国际上的全球性板块重建,如美国德克萨斯大学地球物理学院 PLATES 计划、波兰亚盖沃大学 Golonka (2000) 全球图和北亚利桑那大学地质系 Blakey(2010)全球图等,都没有明确塔里木地块在南华纪-寒武纪的古方位。本文将塔里木地块作为一个主要地块,主要基于 IGCP 440 计划的古地磁数据及其他地质资料,并且利用最新发表的古地磁数据对塔里木地块的古位置进行修正。另外,由于前人对塔里木盆地南华纪-寒武纪的研究尺度均较大,故主要以现有数据量的多少来选取特定的时间节点(南华纪,约 750 Ma;震旦纪,约 600 Ma),恢复不同地质历史时期的古纬度分布格局(图 5 和图 6)。

塔里木板块在南华纪(约 750 Ma)位于北纬 40°左右,北部(现今方位)与澳洲板块西北部(现今方位)邻近。震旦纪向南漂移至北纬 27°左右,并且存在逆时针角度的旋转,可能指示塔里木陆块正在逐渐裂离澳洲,但并未完全裂离。此时塔里木陆块均位于 Rodinia 超大陆的边缘,这可能与塔里木陆块的

造山活动滞后于全球格林威尔带峰期造山活动约 1 亿年等有关联,它意味着在一定程度上塔里木陆块当时应处于 Rodinia 超大陆的边缘,且其南缘位于超大陆边缘,而北缘与澳洲之间发生不同程度的裂解,即塔里木板块加入 Rodinia 超大陆较晚,裂离 Rodinia 相对较早。震旦纪塔里木板块北缘处于陆内裂谷位置,南缘处于大陆边缘位置。Rodinia 超大陆的裂解造成较小规模的超大陆-冈瓦纳重新聚合,主要由现在的非洲、南美、南极、澳洲及许多更小的大陆碎块组成。

#### 3.2 盆缘南华纪-寒武纪构造热事件

为了较精确地限制塔里木盆地早期裂谷的形成时间,收集了前人研究的塔里木周缘的岩浆岩及蓝片岩的年龄数据(图 7)。

基性岩墙和玄武岩夹层均可看作是超大陆裂解的证据。塔里木盆地西北缘阿克苏地区大陆拉斑玄武岩地球化学数据及锆石 U-Pb 年代学数据表明它们来源于亏损地幔,形成于板内裂谷环境,形成的时代应晚于 755 Ma,可能与新元古代 Rodinia 超大陆之下的地幔柱活动有关,是塔里木板块从 Rodinia 超大陆裂解出来的直接证据<sup>[27-28]</sup>。

塔里木东北缘库鲁克塔格地区新元古代火山岩十分发育,从早南华世到晚震旦世均有分布,从老到新可以分为贝义西组、扎摩克提组、水泉组 3 个喷发期。通过锆石 SHRIMP U-Pb 法对 3 个喷发期的火山岩时限进行了限定,年龄分别为 (755±15)Ma、(615±4)Ma 和 (607±18)Ma<sup>[20,29]</sup>。对各期火山岩主量、微量元素和稀土元素地球化学的研究表明,各期火山岩均形成于大陆裂谷环境。本区火山岩的形成,是 Rodinia 超大陆裂解事件的岩石记录,揭示了本区的裂解始于南华纪早期。

#### 3.3 南华纪-奥陶纪构造背景及构造-沉积事件

新元古代末期的塔里木运动形成了由太古宇-古元古界结晶基底和中、新元古界褶皱构成的基底,为塔里木盆地的发育演化奠定了基础。元古宙晚期发生的塔里木运动,以新元古代南华系(或震旦系)等与青白口系之间的不整合为代表。这次活动对塔里木盆地西北缘的阿克苏群片岩得到了反映(表 1),记录了洋壳向塔里木板块俯冲的痕迹。后期存在基性岩墙侵入事件。

南华纪新疆古陆板块处于伸展、分裂初期,塔里木盆地仅在边缘发生裂隙。当时塔里木陆块北缘临

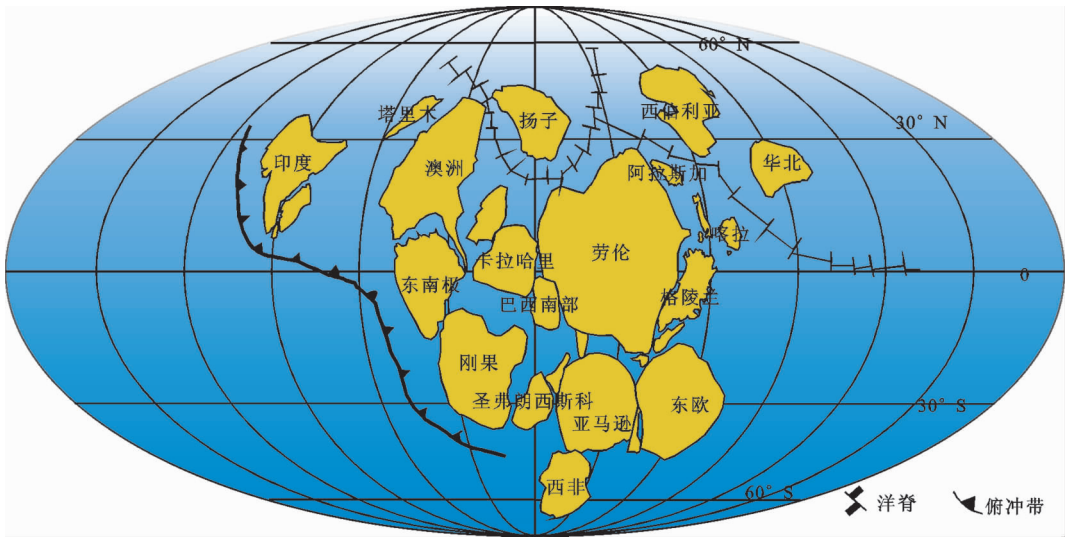


图5 南华纪(约 750 Ma)全球板块分布图

Fig.5 Distribution of global plates in Nanhua period (~750 Ma)

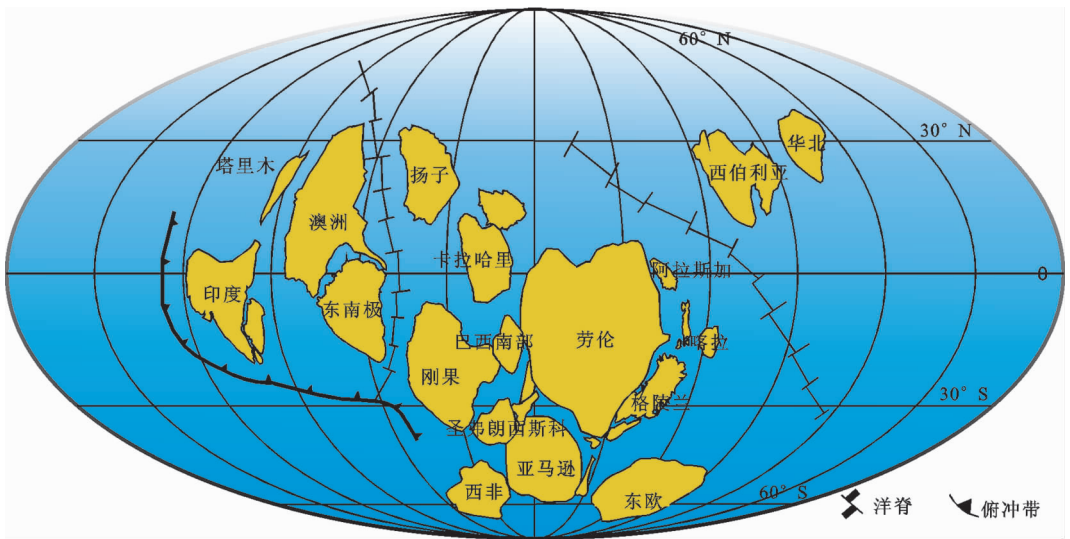


图6 震旦纪(约 600 Ma)全球板块分布图

Fig.6 Distribution of global plates in Sinian (~600 Ma)

近澳洲西北缘,但并未裂解离开,南部边缘靠近超大陆外侧,可能为弧后裂谷。南华系分布较局限,主要在盆地边缘和东北部接受沉积,同时火山喷发事件比较集中,主要集中在塔东北。这一时期盆地主要发育了塔东和塔西两个沉积区,以阿满海岸沉积区为界近乎对称分布<sup>[40]</sup>。从盆缘地层分布来看,该时期存在多期冰碛岩。塔东北的南华纪和震旦纪存在多层冰碛岩,厚度大,冰川特征明显,夹碎屑岩和火山岩,并且存在“盖帽碳酸盐岩”,主要为海洋冰川,部分为

滨海冰川成因。塔西北仅存在南华纪一期冰碛岩,分布范围小,并未见到南华系与上覆震旦系和下伏阿克苏群的接触面。早震旦世,随着 Rodinia 超大陆的裂解,Gondwana 超大陆开始聚合,盆内开始出现分离不整合及海相沉积。塔东北北部寒武系发育海相火山岩,塔西北仅在震旦系部分区域存在玄武岩夹层,寒武系无火山岩(图4)。这反映了塔里木盆地的西北缘和东北缘分别残留了新元古代—早古生代的裂谷沉积,但西北缘裂谷发育时间较晚。

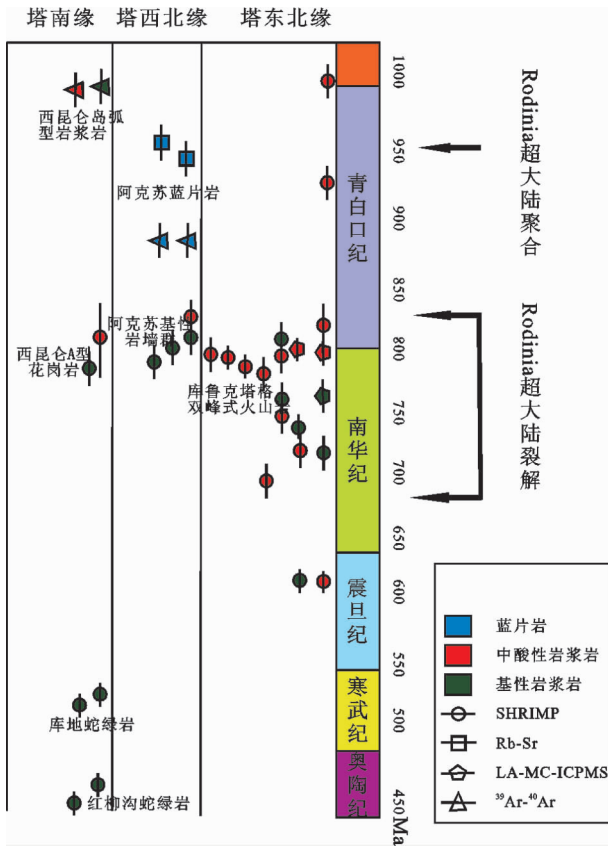


图 7 塔里木盆地陆块周缘蓝片岩和火山岩系年龄统计<sup>[20,29-39]</sup>  
 Fig.7 Statistical data of ages of blueschist and volcanic rocks in surrounding areas of Tarim Basin<sup>[20,29-39]</sup>

在塔里木周缘普遍发育有大陆裂谷相的沉积(图 4),显示裂谷的发展过程,但在不同区域,裂谷发育的时间有所不同。塔西南和塔东北裂谷相的沉积地层较为明显,塔西北显示地层缺失,原因或是裂谷相沉积主体已经被剥蚀殆尽,亦或是该地区裂谷发育并不完整或裂解时间不一致所导致。随着裂谷的发育,周缘各地区的沉积相均具有从浅水相向深水相发展的趋势,并且在塔里木东北缘和塔里木西南缘可见深水陆棚相沉积,体现了塔里木板块从超大陆中裂解后接受海侵的过程。

寒武纪和早奥陶世塔里木盆地区域动力学背景仍为构造拉伸环境,在裂谷轴部也由早期的断陷转变成拗陷。随着裂谷盆地的持续沉降,沉积环境也由浅海逐渐向半深海和深海转化。塔东北与塔西北的寒武系底部为富有机质层段,在西北主要与硅质岩共生,在东北主要与海底火山岩、凝灰岩及硅质岩紧密共生。对富有机质层段进行常量元素分析、微量元

素分析及铂族元素,同时进行稀土元素地球化学分析<sup>[41-42]</sup>,均显示这些沉积岩形成时距离陆缘区较远,形成于海底热水沉积环境。硅质岩中存在富镁铁质深部物源,期间伴随缺氧事件,但导致缺氧事件发生的主要原因则是海底火山作用及其与之紧密伴生的海底热水流体活动。同时,在英东 2 井、塔东 1 井和塔东 2 井下寒武统均存在高伽马异常<sup>[40]</sup>,柯坪断隆可见沿层面分布的重晶石结核,也反映当时存在上升涌流作用及缺氧事件。然而,下寒武统富有机质层段上下分别为中寒武统白云岩及上震旦统白云岩或者盖帽碳酸盐岩,应当分别位于浅海环境,故推测当时存在上升涌流,硅质岩等沉积离洋中脊有一定距离。硅质岩中富铁镁质深部物源的存在说明沉积作用发生在岩石圈伸展裂解的背景中,并且其地球化学参数由底部向上规律性变化<sup>[40]</sup>,说明早寒武世早期岩石圈裂解作用最强,随后逐渐减弱,岩石圈拉张则具有幕式拉张作用的特点,从一方面为 Rodinia 大陆在寒武纪早期发生快速裂解提供了证据。

中晚奥陶世之后,由于区域动力学背景的转化,塔里木板块北缘开始由被动陆缘向主动陆缘方向转化,裂谷盆地也由拉伸环境向挤压环境转化。在裂谷盆地内奥陶纪碎屑岩中发现大量火山岛弧来源的凝灰岩也进一步证实南天山大洋这一时期开始聚敛。北部山体的快速隆升,增加了裂谷盆地物质补给,沉积作用开始由低能转向高能。随着南天山大洋东段在奥陶纪晚期的封闭,北部也结束了裂谷发展的历史。

### 4 结论

(1)塔里木陆块在罗迪尼亚超大陆聚合过程中最晚拼合,其北缘于南华纪早期邻近澳洲西缘。震旦纪被深度裂解,在塔东北缘和西北缘分别发育厚层裂谷-被动边缘沉积,并可能最早裂离冈瓦纳大陆。裂谷系可分为东、西两支,东支较西支形成较早,形成大陆裂谷,西支发育不完全。早古生代期间,游离于冈瓦纳大陆与泛大陆之间,陆块南缘经历强烈的加里东造山活动。

(2)塔东北缘库鲁克塔格露头区保留了完整的南华系-震旦系地层,主要为一套海洋冰川沉积及火山岩,夹深海泥页岩和硅质岩。南华系和震旦系地层向塔中地区逐渐减薄消失,后者代表裂谷期凸起(断陷下盘)。寒武系均为大套的白云岩沉积。

(3)震旦纪-寒武纪,南华系-中奥陶统为塔里



表 1 塔里木盆新元古代-早古生代构造事件

Table 1 Tectonic events of Tarim Basin in Neoproterozoic-Early Paleozoic period

演化阶段	超大陆构造背景	盆地边缘事件、性质、板块作用	沉积盆地内部变化、构造-热事件
		南缘与昆仑陆块拼合, 北侧被动大陆边缘, 中天山裂解离开塔里木形成突厥洋盆。塔里木陆块旋转 90 度。南缘加里东造山带由西向东碰撞, 到柴达木-北祁连山	塔中隆起受挤压、抬升被剥蚀, 两组断裂叠加。塔东南海底扇发育, 南部发育弧后前陆盆地, 北部及东部为被动陆缘盆地
加里东期 O <sub>2</sub>	聚合到冈瓦纳大陆边缘		
漂移-被动陆缘 Z <sub>2</sub> -?	与澳洲大陆一起靠近冈瓦纳大陆边缘	盆地伸展被动边缘环绕, 东部边缘最发育, 北部边缘仍与澳洲联系(小洋盆), 西南部被动边缘发育	目前保留下来的主要为东部被动陆缘, 主要沉积相带南北向展布, 由半深水向盆地台地变化
坳陷-漂移 6 亿年, Z <sub>1</sub>	Rodinia 彻底裂解、冈瓦纳开始聚合	原特提斯洋盆张开与昆仑、南柴达木、澳洲裂解	盆地出现分离不整合, 记录盆地热隆起抬升。出现海相沉积
裂谷-坳拉谷 7.5 亿年 Nh	Rodinia 内部裂解	北部边缘邻近澳洲大陆, 但并未裂解离开, 南部边缘靠近超大陆外侧, 可能为弧后裂谷	塔西北阿克苏基性岩墙侵位、塔东北双峰式火山喷发、陆相沉积及多期冰期沉积。塔东南陆地剥蚀
基底形成 8 亿年	Rodinia 聚合, 塔里木位于边缘, 晚于其他大陆的聚合	南、北塔里木陆块之间俯冲汇聚, 南部陆块大洋岩石圈由南向北俯冲, 形成向南突出岛弧带(航磁异常带)、阿克苏蓝片岩、塔中岛弧花岗岩侵位	

木保存的较早的裂谷-被动陆缘盆地沉积, 沉积地层向盆地南、北边缘逐渐增厚。可以划分为南华纪断陷期(超大陆裂解期)和震旦纪-中奥陶世沉降期(板块漂移期), 这也是塔里木盆地较早的成盆期。

### 参考文献(References):

- [1] 贾承造. 塔里木盆地构造特征与油气聚集规律[J]. 新疆石油地质, 1999, 20(3):177-184.  
Jia Chengzao. Structural characteristics and oil/gas accumulative regularity in Tarim Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1999, 20(3): 177-184(in Chinese with English abstract).
- [2] 许志琴, 李思田, 张建新, 等. 塔里木地块与古亚洲/特提斯构造体系的对接[J]. 岩石学报, 2011, 27(1):1-22.  
Xu Zhiqin, Li Sitian, Zhang Jianxin, et al. Paleo-Asian and Tethyan tectonic systems with docking the Tarim block [J]. Acta Petrologica Sinica, 2011, 27(1):1-22 (in Chinese with English abstract).
- [3] 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 and Gas Geology, 2005, 26(1):64-77(in Chinese with English abstract).
- [4] 何治亮, 毛洪斌, 周晓芬, 等. 塔里木多旋回盆地与复式油气系统[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(3):207-213.  
He Zhiliang, Mao Hongbin, Zhou Xiaofen, et al. Complex petroleum system and multicycle basin in Tarim [J]. Oil and Gas

- Geology, 2000, 21(3):207-213(in Chinese with English abstract).
- [5] 何治亮, 苟华伟, 李孝燕, 等. 塔里木板块石炭-二叠纪原型盆地与沉积模式[J]. 石油与天然气地质, 1992, 13(1):1-16.  
He Zhiliang, Gou Huawei, Li Xiaorong, et al. Prototype basin and sedimentary model of permo-carboniferous in Tarim Plate [J]. Oil and Gas Geology, 1992, 13(1):1-16 (in Chinese with English abstract).
- [6] 戴福贵, 杨克绳, 刘东燕. 塔里木盆地地震剖面地质解释及其构造演化[J]. 中国地质, 2009, 36(4):747-760.  
Dai Fugui, Yang Kesheng, Liu Dongyan. Geological interpretation of the seismic profile in Tarim Basin and tectonic evolution of this area [J]. Geology in China, 2009, 36(4):747-760(in Chinese with English abstract).
- [7] 汤良杰. 塔里木盆地构造演化与构造样式[J]. 地球科学, 1994, 19(6):742-754.  
Tang Liangjie. Evolution and tectonic patterns of Tarim Basin [J]. Earth Science, 1994, 19(6):742-754 (in Chinese with English abstract).
- [8] 郭建华, 罗传容, 刘生国, 等. 塔里木盆地前震旦-石炭纪构造演化与石炭纪原型盆地属性[J]. 矿物岩石, 1995, 15(3):50-57.  
Guo Jianhua, Luo Chuanrong, Liu Shengguo, et al. Tectonic evolution of Talimu Basin from Pre-Sinian to Carboniferous and Properties of the primary basin during Carboniferous period [J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 1995, 15(3):50-57(in Chinese with English abstract).
- [9] 康志宏, 魏历灵, 虎北辰. 塔里木原型盆地叠加成油特征[J]. 新疆地质, 2002, 20(1):58-61.

- Kang Zhihong, Wei Liling, Hu Beichen. Characteristics of oil-gas formation by superposition of prototype basins of Tarim[J]. Xinjiang Geology, 2002, 20(1):58-61(in Chinese with English abstract).
- [10] 徐旭辉. 塔里木古生代原型盆地分析的油气勘探意义[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(3):224-228.
- Xu Xuhui. The significance of the analysis of Tarim Paleozoic prototype basins in oil and gas exploration [J]. Oil and Gas Geology, 2002, 23(3): 224-228(in Chinese with English abstract).
- [11] 王毅, 张一伟. 塔里木盆地构造-层序分析[J]. 地质论评, 1999, 45 (5):504-513.
- Wang Yi, Zhang Yiwei. Tectono-sequence analysis of Tarim Basin [J]. Geological Review, 1999, 45 (5):504 - 513 (in Chinese with English abstract).
- [12] 程日辉, 王璞珺, 刘万洙, 等. 库鲁克塔格地区寒武系层序地层与发育模式[J]. 新疆地质, 2006, 24(4):353-341.
- Cheng Rihui, Wang Pujun, Liu Wanzhu, et al. Sequence stratigraphy and models for the Cambrian in Kuluketage, Xinjiang [J]. Xinjiang Geology, 2006, 24 (4):353-341 (in Chinese with English abstract).
- [13] 林畅松, 李思田, 刘景彦, 等. 塔里木盆地古生代重要演化阶段古构造格局与古地理演化[J]. 岩石学报, 2011, 27(1):210-218.
- Lin Changsong, Li Sitian, Liu Jingyan et al. Tectonic framework and paleogeographic evolution of the Tarim Basin during the Paleozoic major evolutionary stages [J]. Acta Petrologica Sinica, 2011, 27(1):210-218(in Chinese with English abstract).
- [14] Li Z X, Zhang L, Powell C McA. Positions of the East Asian cratons in the Neoproterozoic supercontinent Rodinia. Australian Journal of Earth Sciences[J]. 1996, 43:593-604.
- [15] Li Z X, Powell C McA. An outline of the paleogeographic evolution of the Australasian region since the beginning of the Neoproterozoic[J]. Earth-Science Reviews, 2001, 53:237-277.
- [16] Veevers JJ, Walter M R, Scheibner E. Neoproterozoic tectonics of Australia-Antarctica and Laurentia and the 560 Ma birth of the Pacific ocean reflect the 400 Ma Pangean supercycle [J]. Journal of Geology, 1997, 105:225-242.
- [17] Glass L M, Phillips D. The Kalkarindji continental flood basalt province: a new Cambrian large igneous province in Australia with possible links to faunal extinctions[J]. Geology, 2006, 34:461-646.
- [18] Chen Y, Xu B, Zhan S, et al. First mid -Neoproterozoic paleomagnetic results from the Tarim Basin (NW China) and their geodynamic implications [J]. Precambrian Research, 2004, 133: 271-281.
- [19] Huang B C, Xu B, Zhang C, et al. Paleomagnetism of the Baiyisi volcanic rocks (ca.740 Ma) of Tarim, Northwest China: a continental fragment of Neoproterozoic Western Australia? [J]. Precambrian Research, 2005, 142:83-92.
- [20] Xu B, Jian P, Zheng H, et al. U - Pb zircon geochronology and geochemistry of Neoproterozoic volcanic rocks in the Tarim Block of northwest China: implications for the breakup of Rodinia supercontinent and Neoproterozoic glaciations [J]. Precambrian Research, 2005, 136:107-123.
- [21] Zhan S, Chen Y, Xu B, et al. Late Neoproterozoic paleomagnetic results from the Sugetbrak Formation of the Aksu area. Tarim basin (NW China) and their implications to paleogeographic reconstructions and the snowball Earth hypothesis [J]. Precambrian Research, 2007, 154: 143-158.
- [22] 段吉业, 夏德馨, 安素兰. 新疆库鲁克塔格新元古代-早古生代裂陷槽深水沉积与沉积-构造古地理[J]. 地质学报, 2005, 79(1): 7-14.
- Duan Jiye, Xia Dexin, An Sulan. Deep-water sedimentation and sedimento-tectono paleogeography of the Neoproterozoic-Early Palaeozoic aulacogen in Kuruktag, Xingjiang, China [J]. Acta Geologica Sinica, 2005, 79 (1):7-14 (in Chinese with English abstract).
- [23] Turner S A. Sedimentary record of Late Neoproterozoic rifting in the NW Tarim Basin, China [J]. Precambrian Research, 2010, 181 (1-4):85-96.
- [24] 王爱国, 张传林, 赵宇, 等. 塔里木西南缘南华系下部沉积作用及其构造意义[J]. 地层学杂志, 2004, 28(3):248-256.
- Wang Aiguo, Zhang Chuanlin, Zhao Yu, et al. Depositional types of lower part of Nanhuan system on the north margin of southwest Tarim and their tectonic significance [J]. Journal of Stratigraphy, 2004, 28(3): 248-256.
- [25] 宗文明, 高林志, 丁孝忠, 等. 塔里木盆地西南缘南华纪冰碛岩特征与地层对比[J]. 中国地质, 2010, 37(4):1183-1190.
- Zong Wenming, Gao Linzhi, Ding Xiaozhong, et al. Characteristics of Nanhuan diamictite (tillite) and stratigraphic correlation in the southwestern margin of Tarim Basin [J]. Geology in China, 2010, 37 (4): 1183-1190 (in Chinese with English abstract).
- [26] 何金有, 徐备, 孟祥英, 等. 新疆库鲁克塔格地区新元古代层序地层学研究及对比[J]. 岩石学报, 2007, 23(7):1645-1654.
- He Jinyou, Xu Bei, Meng Xiangying, et al. Neoproterozoic sequence stratigraphy and correlation in Quruqtagh area, Xinjiang [J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 23 (7): 1645-1654 (in Chinese with English abstract).
- [27] 杨树锋, 陈汉林, 董传万, 等. 塔里木盆地西北缘晚震旦世玄武岩地球化学特征及大地构造背景 [J]. 浙江大学学报, 1998, 32 (6): 753-740.
- Yang Shufeng, Chen Hanlin, Dong Chuanwan, et al. Geochemical properties of late Sinian basalt in the northwestern boundary of Tarim Basin and its tectonic setting [J]. Journal of Zhenjiang University, 1998, 32(6):753-740(in Chinese with English abstract).
- [28] 李向民, 夏林圻, 夏祖春, 等. 天山地区新元古代-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.
- Li Xiangmin, Xia Linqi, 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 (in Chinese with English

- abstract).
- [29] Xu B, Xiao S H, Zou H B, et al. SHRIMP zircon U-Pb age constraints on Neoproterozoic Quruqtagh diamictites in NW China[J]. *Precambrian Research*, 2009, 168:247-258.
- [30] Shu L S, Deng X L, Zhu W B, et al. Precambrian tectonic evolution of the Tarim Block, NW China: New geochronological insights from the Quruqtagh domain [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2011, 42(5):774-790.
- [31] Zhang C L, Li X H, Li Z X, et al. Neoproterozoic ultramafic - mafic -carbonatite complex and granitoids in Quruqtagh of northeastern Tarim Block, western China:geochronology, geochemistry and tectonic implications [J]. *Precambrian Research*, 2007, 152:149-169.
- [32] Zhang C L, Li Z X, Li X H, et al. Neoproterozoic mafic dyke swarms at the northern margin of the Tarim Block, NWChina: age, geochemistry, petrogenesis and tectonic implications[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2009, 35:167-179.
- [33] Zhang C L, Yang D S, Wang H Y, et al. Neoproterozoic mafic-ultramafic layered intrusion in Quruqtagh of northeastern Tarim Block, NW China: Two phases of mafic igneous activity with different mantle sources[J]. *Gondwana Research*, 2011, 19:177-190.
- [34] Lu S N, Li H K, Zhang C L, et al. Geological and geochronological evidence for the Precambrian evolution of the Tarim Craton and surrounding continental fragments [J]. *Precambrian Research*, 2008, 160: 94-107.
- [35] Guo Z J, Yin A, Robinson A, et al. Geochronology and geochemistry of deep-drill-core samples from the basement of the central Tarim Basin [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2005, 25: 45-56.
- [36] 高林志, 王宗起, 许志琴, 等. 塔里木盆地库鲁克塔格地区新元古代冰碛岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄新证据 [J]. *地质通报*, 2010, 29(2/3): 205-213.  
Gao Linzhi, Wang Zongqi, Xu Zhiqin, et al. A new evidence from zircon SHRIMP U-Pb dating of the Neoproterozoic diamictite in Quruqtagh area, Tarim Basin, Xinjiang, China [J]. *Geological Bulletin of China*, 2010, 29(2/3):205-213(in Chinese with English abstract).
- [37] 白云来, 陈启林, 汤中立, 等. 塔里木板块东北边缘弧后裂谷系统基性、超基性岩特征[J]. *中国地质*, 2004, 31(3):254-261.  
Bai Yunlai, Chen Qilin, Tang Zhongli, et al. Characteristics of basic -ultrabasic rocks in the back -arc rift system on the northeastern margin of the Tarim plate[J]. *Geology in China*, 2004, 31(3):254-261(in Chinese with English abstract).
- [38] Long X P, Yuan C, Sun M, et al. Reworking of the Tarim Craton by underplating of mantle plume-derived magmas: Evidence from Neoproterozoic granitoids in the Kuluketage area, NW China [J]. *Precambrian Research*, 2011, 187: 1-14.
- [39] 郭召杰, 张志诚, 刘树文, 等. 塔里木克拉通早寒武纪基底序与组合: 颗粒锆石 U-Pb 年龄新证据 [J]. *岩石学报*, 2003, 19(3): 537-542.  
Guo Zhaojie, Zhang Zhicheng, Liu Shuwen, et al. U -Pb geochronological evidence for the early Precambrian complex of the Tarim Craton, NW China[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2003, 19(3):537-542(in Chinese with English abstract).
- [40] 张增耀, 杨松岭, 赵秀岐. 塔里木盆地内震旦系特征 [J]. *海相油气地质*, 2007, 12(2):51-56.  
Zhang Zengyao, Yang Songling, Zhao Xiuqi. Characteristics of intrabasinal Sinian sedimentary system in Tarim Basin [J]. *Marine Origin Petroleum Geology*, 2007, 12 (2):51-56 (in Chinese with English abstract).
- [41] 于炳松, 陈建强, 李兴武, 等. 塔里木盆地肖尔布拉克剖面下寒武统底部硅质岩微量元素和稀土元素地球化学及其沉积背景 [J]. *沉积学报*, 2004, 22(1):59-66.  
Yu Bingsong, Chen Jianqiang, Li Xingwu, et al. Rare earth and trace element patterns in bedded- cherts from the bottom of the Lower Cambrian in the Northern Tarim Basin, Northwest China: Implication for depositional environments[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2004, 22(1):59-66(in Chinese with English abstract).
- [42] 孙省利, 陈践发, 郑建京, 等. 塔里木下寒武统富有机质沉积层段地球化学特征及意义 [J]. *沉积学报*, 2004, 22(3):547-552.  
Sun Shengli, Chen Jianfa, Zheng Jianjing, et al. Geochemical characteristics of organic matter rich sedimentary strata in Lower Cambrian, Tarim Basin and its origins [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2004, 22(3):547-552(in Chinese with English abstract).

## A discussions on the Cryogenian-Cambrian sedimentary-tectonic event and tectonic setting of northern Tarim Basin

ZHOU Xiao-bei<sup>1,2</sup>, LI Jiang-hai<sup>1,2</sup>, FU Chen-jian<sup>1,2</sup>, LI Wen-shan<sup>1,2</sup>, WANG Hong-hao<sup>1,2</sup>

(1. School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China; 2 Key Laboratory of Orogenic Belts and Crustal Evolution, Ministry of Education, Peking University, Beijing 100871, China)

**Abstract:** Based on field geological investigation in northwestern and northeastern Tarim Basin, in combination with paleomagnetic mapping and previous researches, this paper has discussed the evolution process of the basin in Cryogenian-Cambrian period according to sedimentary-tectonic event and other evidence. Across the Tarim Basin, surface outcrops of Cryogenian to Cambrian sedimentary succession are completely exposed in the vicinity of Aksu area (northwest Tarim), Kuruktag (northeast Tarim) and southwest Tarim, thus providing a unique, well preserved and accessible means with which researchers can study the early development of northern Tarim Basin. The major lithologic types of Cryogenian-Cambrian strata in northeast Tarim include tillite, clastic rocks (rich in organic matter) and carbonate intercalated with volcanic rocks; in northwest Tarim, calstic rocks and carbonate are the common rock types, intercalated with small amounts of tillite and volcanic rocks. The north margin of Tarim block, which was a part of Rodinia supercontinent and neighbored the northwestern margin of Australia, was deeply rifted in Cryogenian-Ediacaran period and developed into two rifts in the northwestern and northeastern margin, forming a thick layer of rift-passive margin deposits, but the layer in the northwestern rift was not so completely developed as the layer in the northeastern margin. The earliest rift-passive margin sediments which can be observed are Cryogenian-Middle Ordovician strata, and the period can be divided into Cryogenian faulted period (supercontinent rifting stage) and Ediacaran-Middle Ordovician subsidence period (plate drifting stage).

**Key words:** Tarim Basin; Aksu; Kuruktag; Neoproterozoic; tectonic setting

---

**About the first author:** ZHOU Xiao-bei, female, born in 1989, doctor candidate, majors in structure geology; E-mail: xiaobeiyixin@gmail.com.