

doi:10.3799/dqkx.2014.104

# 塔里木新元古代—古生代沉积盆地演化

邹亚锐<sup>1</sup>, 塔吉古丽<sup>1</sup>, 邢作云<sup>1\*</sup>, 徐增连<sup>2</sup>, 唐婷婷<sup>1</sup>, 郝奕玮<sup>2</sup>

1. 中国地质大学地质调查研究院, 湖北武汉 430074

2. 中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074

**摘要:** 塔里木盆地位于中国西北新疆维吾尔自治区南部, 夹持在天山与昆仑山褶皱带和阿尔金山之间, 是一个长期发展形成的大型叠合盆地。在综合研究前人资料的基础上, 通过对塔里木地区岩石地层、沉积建造的对比分析, 划分出塔里木新元古代—古生代的被动陆缘、夭折裂谷、碳酸盐岩台地、碎屑岩陆表海、残余海盆、混积陆表海、陆内裂陷盆地、前陆盆地共8种沉积盆地类型, 并分析盆地形成演化的大地构造环境。新元古代早期, 塔里木进入稳定的盖层发展阶段; 青白口纪发育裂谷和被动陆缘, 南华纪—早震旦世发育夭折裂谷和大陆冰川; 古生代主要发育碳酸盐岩台地、碎屑岩陆表海和混积陆表海; 受北侧哈萨克斯坦—准噶尔板块碰撞的影响, 南天山石炭纪洋盆于晚石炭世—早二叠世末俯冲消减; 中二叠世始, 塔里木大部分演变为前陆盆地。

**关键词:** 塔里木盆地; 沉积; 构造; 演化。

**中图分类号:** P534

**文章编号:** 1000-2383(2014)08-1200-17

**收稿日期:** 2014-03-12

## Evolution of Sedimentary Basins in Tarim during Neoproterozoic-Paleozoic

Zou Yaru<sup>1</sup>, Ta Jiguli<sup>1</sup>, Xing Zuoyun<sup>1\*</sup>, Xu Zenglian<sup>2</sup>, Tang Tingting<sup>1</sup>, Hao Yiwei<sup>2</sup>

1. Institute of Geological Survey, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

**Abstract:** Tarim basin, located in southern Xinjiang Uygur Autonomous Region of Northwest China, held among the Tianshan, Kunlun and Altun fold belts, is a large, superimposed basin which has a long evolutionary history. Based on the comprehensive study of the previous results, we conduct a comparative study of lithostratigraphy and sedimentary, and divide the Tarim area into 8 types of sedimentary basin during Neoproterozoic-Mesozoic, including passive continental margin, failed rift, carbonate platform, clastic epeiric sea, residual sea, mixed clastic-carbonate epeiric sea, inland graben basin, and foreland basin. The tectonic environments of basin formation and evolution are analyzed in this paper: Early Neoproterozoic, Tarim turned into stable stage of cover development. During Qingbaikouan, rift and passive continental margin were developed. Nanhua-Early Sinian, mortality rift and continental glaciers were developed. Carbonate platform, clastic epeiric sea and clastic-carbonate epeiric sea mainly developed during Paleozoic. The collision between Tarim and Kazakhstan-Junggar plate led to later subduction of the southern Tianshan oceanic basin of Carboniferous at the Late Carboniferous-Early Permian. At the beginning of Middle Permian, most of the Tarim evolved to foreland basin.

**Key words:** Tarim basin; sedimentology; tectonics; evolution.

## 0 引言

塔里木盆地是中国最大的内陆含油气盆地, 蕴藏着丰富的石油和天然气资源。自1958年石油部发现

依奇克里克油气田以来, 伴随着油气勘探开发的逐渐深入, 地矿、石油、科研部门以及张良臣和吴乃元(1985)、张恺(1990)、汤良杰(1994)、杨克绳(1994, 2005)、贾承造等(2004a, 2004b)、汤良杰等(2004)、何

**基金项目:** 中国地质调查局项目(No.1212010733802, 12120113012500)。

**作者简介:** 邹亚锐(1989—), 女, 在读硕士研究生, 主要从事古生物地层学与沉积学研究, E-mail: 569007425@qq.com

\* **通讯作者:** 邢作云, E-mail: 1095676260@qq.com

登发等(2005)对盆地的地质构造及油气远景评价等方面做了大量的研究工作,研究程度较高。

总体上,塔里木盆地是在不同板块构造运动体制下,由不同时期、不同类型单式盆地叠加而成,因此其发展演化具有明显的阶段性,最终形成一个多旋回的复合型盆地(杨克绳,2005;彭洪超等,2006)。但关于塔北缘南天山洋的闭合及塔里木何时进入前陆盆地发展阶段,不同人持不同观点,争议仍较大。高俊等(2006)和舒良树等(2007)认为南天山洋盆晚石炭世最终闭合、碰撞造山,郝杰和刘小汉(1993)则认为南天山古大洋最终消亡在早二叠世。蔡东升等(1995)以及梁云海和李文铅(2000)却认为石炭纪—早二叠世在南天山仍存在一个向西开口的前陆残余海盆,该海盆于二叠纪末最终闭合。因此塔里木及西南天山何时进入前陆盆地需要进一步的考察验证。

本文主要对塔里木近 30 年来的研究资料进行总结,在综合分析岩性、生物化石等沉积特征的基础上,讨论塔里木地区的形成过程与构造演化历史,根据浅海相和洋盆物质记录,佐证西南天山—霍拉山分区石炭纪—早二叠世为残余盆地,于中二叠世进入前陆盆地发展阶段。

### 1 区域构造背景

研究区位于中国西北区的新疆维吾尔自治区南

部,夹持在天山与昆仑山褶皱带之间,其西侧为阔克沙勒岭,北侧为哈尔克山和库鲁克塔格,西南侧为铁克里克(汤良杰等,2004;金之钧等,2005;彭洪超等,2006;张光亚等,2007),边界为天山山前断裂系、库鲁克塔格断裂系和昆仑山山前断裂系等大型逆冲断裂带和受走滑断裂带所限,大断裂基本平行于周缘山系,反映了山系向盆地内挤压(朱传庆等,2008),盆地大部分被塔克拉玛干大沙漠所覆盖(王子煜等,2001;图 1)。

### 2 塔里木盆地沉积特征及其时空分布

本文根据潘桂棠等在(2009)全国 250 万大地构造区划图对塔里木区的划分方案,将塔里木大区分为西南天山—霍拉山(I-1)、塔中(I-2)、柯坪(I-3)、库鲁克塔格(I-4)、铁克里克(I-5)等 5 个地层区(图 1)。

#### 2.1 西南天山—霍拉山分区

西南天山—霍拉山分区位于准噶尔地块、伊犁地块及塔里木地台汇聚处,我国学者通常将乌鲁木齐—托克逊—库米什一线以西、那拉提山—额尔宾山北坡—巴伦台—库米什北一线以南的天山地区称为“西南天山”(高俊,1993),是天山复合造山带的一部分,相当于“中亚复合巨型缝合带”的西南段(李建兵,2010)。西南天山—霍拉山分区地层从老到新如

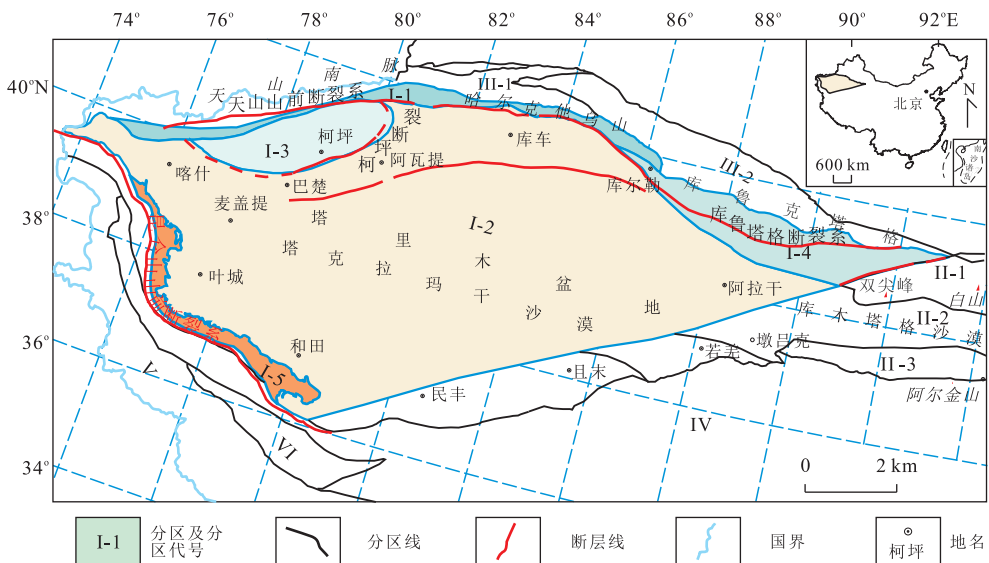


图 1 塔里木地区及其邻区的地质分区

Fig.1 The of Tarim area and its surroundings

I-1.西南天山—霍拉山; I-2.塔中; I-3.柯坪; I-4.库鲁克塔格; I-5.铁克里克; II-1.柳园; II-2.敦煌; II-3.阿北; III-1.哈尔克山; III-2.阿尔宾山—库米什; IV.秦祁昆; V.甜水海; VI.康西瓦—泉水沟; 据潘桂棠等(2009)修改

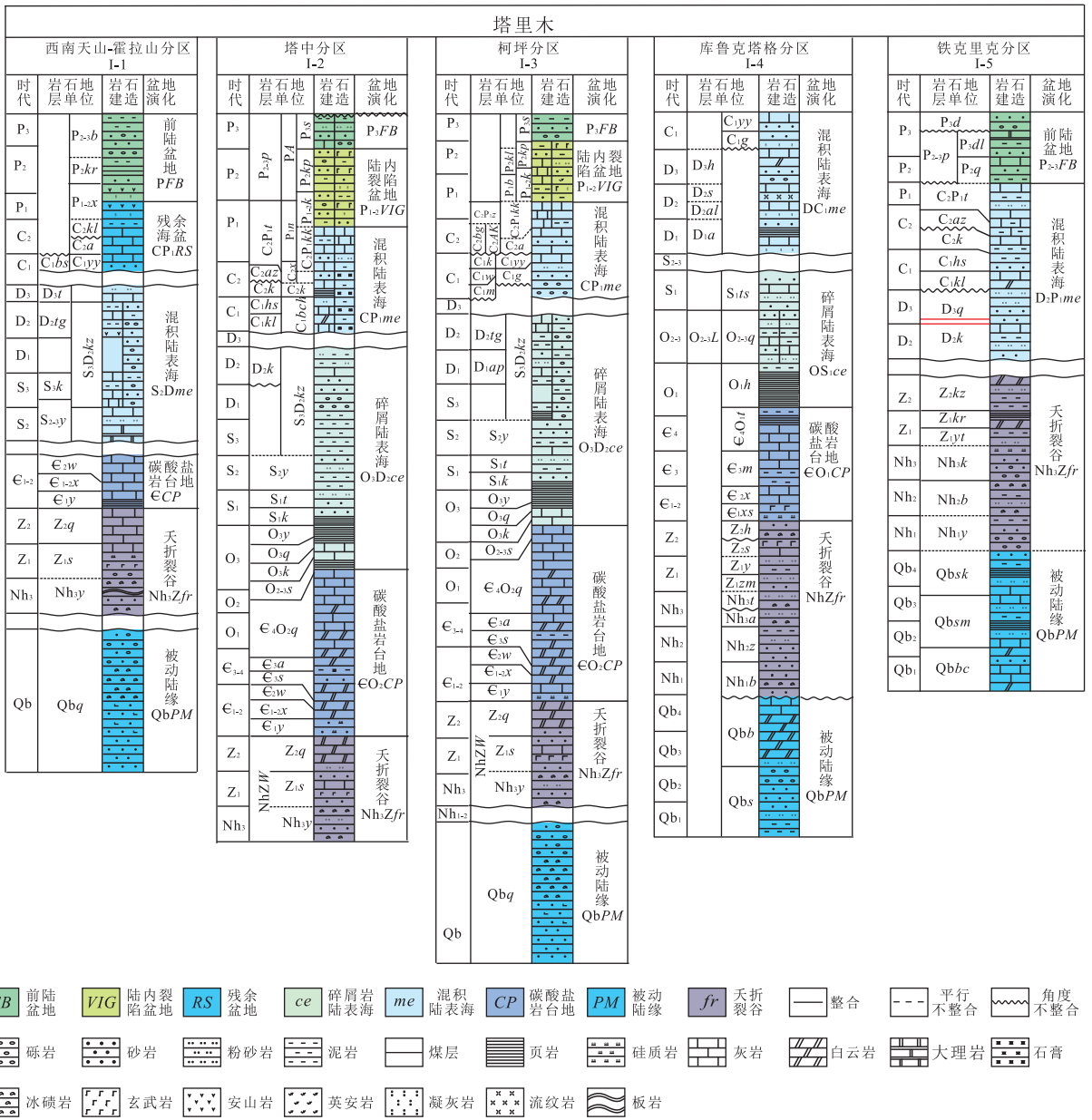


图 2 塔里木岩石地层单位序列及盆地类型划分

Fig.2 The lithostratigraphic unit sequence and basin type of Tarim

$P_{2-3}b$ . 尤勒尔谷组;  $PA$ . 阿恰群;  $P_{3s}$ . 沙井子组;  $P_{3dl}$ . 达里约尔组;  $P_{3d}$ . 杜瓦组;  $P_{2kr}$ . 库尔干组;  $P_{2-3p}$ . 普司格组;  $P_{2-3sh}$ . 沙井子组;  $P_{2kp}$ . 开派兹雷克组;  $P_{2kl}$ . 卡仑达尔组;  $P_{2q}$ . 棋盘组;  $P_{1-2x}$ . 小提坎立克组;  $P_{1-2k}$ . 库普库满苏组;  $P_{1b}$ . 巴立克立克组;  $P_{1w}$ . 乌郎组;  $P_{1n}$ . 南闸组;  $C_2P_{1t}$ . 塔哈奇组;  $C_2P_{1kk}$ . 康克林组;  $C_2P_{1z}$ . 扎尔加克组;  $C_2kl$ . 喀拉治尔加组;  $C_{2a}$ . 阿依里河组;  $C_{2az}$ . 阿孜干组;  $C_{2k}$ . 卡拉乌衣组;  $C_2p$ . 皮牙曼组;  $C_2K$ . 库尔良群;  $C_{2x}$ . 小海子组;  $C_{2k}$ . 卡拉沙依组;  $C_{2bg}$ . 别根他乌组;  $C_{2AK}$ . 艾克提克群;  $C_{1bs}$ . 巴什索贡组;  $C_{1yy}$ . 野云沟组;  $C_{1g}$ . 甘草湖组;  $C_{1hs}$ . 和什拉甫组;  $C_{1kl}$ . 克里塔克组;  $C_{1bch}$ . 巴楚组;  $C_{1k}$ . 库鲁组;  $C_{1w}$ . 乌什组;  $C_{1m}$ . 蒙达勒克组;  $D_{3t}$ . 坦盖塔组;  $D_{3jd}$ . 津丹苏组;  $D_{3h}$ . 哈孜尔布拉克组;  $D_{3q}$ . 奇自拉夫组;  $D_{2tg}$ . 托格买提组;  $D_{2k}$ . 克孜勒陶组;  $S_3D_{2kz}$ . 克兹尔塔格组;  $D_{2s}$ . 萨阿尔明组;  $D_{2al}$ . 阿拉塔格组;  $D_{1ap}$ . 阿帕达尔康组;  $D_{1a}$ . 阿尔皮什麦布拉克组;  $S_3k$ . 科克铁克达坂组;  $S_{2-3y}$ . 伊阿克巴什组;  $S_{2y}$ . 依木干他乌组;  $S_{1t}$ . 塔塔埃塔塔组;  $S_{1k}$ . 柯坪塔格组;  $S_{1ts}$ . 土什布拉克组;  $O_{3y}$ . 印干组;  $O_{3q}$ . 其浪组;  $O_{3k}$ . 坎岭组;  $O_{2-3s}$ . 萨尔干组;  $O_{2-3q}$ . 却尔却克组;  $O_{2-3L}$ . 硫磺山群;  $O_{1h}$ . 黑土凹组;  $\epsilon_{1}O_{2q}$ . 丘里塔格组;  $\epsilon_{1}O_{1t}$ . 突尔沙克塔格组;  $\epsilon_{3a}$ . 阿瓦塔格组;  $\epsilon_{3s}$ . 萨阿尔明组;  $\epsilon_{3m}$ . 莫合尔山组;  $\epsilon_{2w}$ . 吾松格组;  $\epsilon_{2x}$ . 西大山组;  $\epsilon_{1-2x}$ . 肖尔布拉克组;  $\epsilon_{1y}$ . 玉尔吐斯组;  $\epsilon_{1x}$ . 西山布拉克组;  $\epsilon_{1s}$ . 双鹰山组;  $\epsilon_{1xs}$ . 西双鹰山组;  $Z_2q$ . 奇格布拉克组;  $Z_2h$ . 汉格儿乔克组;  $Z_2s$ . 水泉组;  $Z_2kz$ . 克孜勒苏胡木组;  $Z_1s$ . 苏盖特布拉克组;  $Z_1y$ . 肯育沟组;  $Z_{1zm}$ . 扎摩克提组;  $Z_{1kr}$ . 库卡克组;  $Z_{1yt}$ . 雨塘组;  $Nh_{3y}$ . 尤尔美那克组;  $Nh_{3t}$ . 特瑞爱肯组;  $Nh_{3a}$ . 阿勒通沟组;  $Nh_{3k}$ . 克里西组;  $Nh_{2b}$ . 波龙组;  $Nh_{ZW}$ . 乌什南山群;  $Nh_{1z}$ . 照壁山组;  $Nh_{1b}$ . 贝义西组;  $Nh_{1y}$ . 牙拉古孜组;  $Qbq$ . 巧恩布拉克组;  $Qbb$ . 北塞纳尔塔格组;  $Qbs$ . 塞纳尔塔格组;  $Qbsk$ . 苏库罗克组;  $Qbsm$ . 苏玛兰组;  $Qbbc$ . 博查特塔格组

图 2 所示。

新元古代早期青白口纪,西南天山—霍拉山分区主要为巧恩布拉克组海下扇浊流沉积,岩性以灰绿色长石砂岩、长石岩屑砂岩、粉砂岩互层夹冰碛砾岩和砂砾岩组合为主(贾承造等,2004b;图 2),为古塔里木板块北缘的被动陆缘盆地沉积标志(QbPM)。

南华系为典型大陆冰川堆积的冰成相(王宇等,2010),以尤尔美那克组紫红色块状杂砾岩(冰碛砾岩)、砂岩及绿色粉砂质板岩(蔡天赐等,1999;图 2)组合为特征,产微古植物 *Trachysphaeridium* sp., *Leiopsophosphaera densa*, 平行不整合于苏盖特布拉克组之下(贾承造等,2004b)。震旦系为滨海—浅海相沉积(苏盖特布拉克组、奇格布拉克组),岩性自下而上由暗红色砂岩、石英质角砾岩、暗红色厚层含铁质泥岩及泥质硅质岩的碎屑岩组合渐变为深灰色灰岩为主的碳酸盐组合(图 2)。在苏盖特布拉克组底部沉积层中含中厚层状砾岩夹以基性为主的火山岩,包括玄武岩、杏仁状粗玄岩等。根据盆地演化规律,该地层分区在南华纪以前为被动陆缘(陆块),震旦纪火山活动频繁,并且没有发现洋壳的典型物质记录。因此,南华纪—震旦纪时期为夭折裂谷(Nh<sub>3</sub>Zfr)发育阶段。火山活动与断裂构造活动关系密切,与滨海相沉积一起反映了裂谷阶段的发展过程(周肖贝等,2012)。

寒武纪,沉积以玉尔吐斯组、肖尔布拉克组以及吾松格组的一套黑色含磷硅质岩、富有机质黑色页岩及碳酸盐组合为主。其中玉尔吐斯组含小壳化石,自下而上可分为 3 个带: *Anabarites* 带、*Cambroclavus-Aurisella* 带和 *Adyshevitheca-Xinjia-gella* 带(贾承造等,2004b;图 2),表明地壳拉张速率增大,南天山裂谷进一步发展,形成南天山陆间洋盆,在西南天山地区发育台地相碳酸盐岩沉积。晚寒武世—早志留世,地层缺失,西南天山—霍拉山地块处于隆起状态。

中晚志留世,主要为伊契克巴什组、科克铁壳达坂组一套薄层状碳酸盐岩夹碎屑岩组合,含丰富的四射珊瑚、日射珊瑚、层孔虫 *Plexodictyon*、*Pycnodictyon*、腕足类 *Atrypoida*、三叶虫 *Encrinurus* 及少量牙形类 *Panderodus*、*Ozarkodina* 等生物化石(贾承造等,2004b;图 2)。中晚泥盆世,托格买提组下部中性火山岩夹灰岩和碎屑岩,上部为薄—中层状碳酸盐岩。坦盖塔尔组整合于托格买提组之上,为微咸化泻湖相富含石膏的碳酸盐岩和碎屑岩(图

2),含腕足 *Ambocoelia*、珊瑚 *Temnophyllum*、层孔虫 *Actinostroma*(王庆明,2000)。碳酸盐岩以薄层状为主,含石膏等沉积特征说明该区在这一时期水体变浅,主要为混积陆表海(S<sub>2</sub>Dme)。

石炭纪主要沉积了巴什索贡组、野云沟组、阿依里河组、喀拉治尔加组的一套浅海相碳酸盐岩、含放射虫粘板岩、放射虫硅质岩,夹砂岩、粉砂岩、泥岩等细碎屑岩以及石膏,系陆源碎屑复理石建造,含放射虫、珊瑚 *Litophyllum* sp.、腕足 *Linoproductus* sp.、筴类 *Pseudostaffella* sp.、头足类 *Bisatoceras* sp. 等生物化石(贾承造等,2004b;图 2),指示当时水体较深。下二叠统小提坎力克组则主要以安山玢岩、安山质英安斑岩、凝灰岩、火山角砾岩等中酸性火山岩为主(汤良杰,1994;图 2),部分地段直接覆盖在河流相砾岩之上,大量发育火山角砾岩或火山集块岩,表明该火山活动为陆相爆发。在阔克萨彦岭南缘,获得与巴雷公蛇绿混杂岩相伴的造山带晚期的钾长花岗岩,锆石 U-Pb 年龄为  $273.03 \pm 0.98$  Ma(王超,2006),与小提坎力克组火山岩年龄十分相近,并认为巴雷公花岗岩体形成于碰撞作用后的伸展环境(李建兵,2010)。根据西南天山—霍拉山分区浅海相和洋盆物质记录的存在,将研究区石炭纪—早二叠世早期划为残余海盆(CP<sub>1</sub>CH)。此外,有学者提到南天山南缘发现了二叠纪的蛇绿岩带(汤良杰等,2004),标志着塔里木板块与伊犁—中天山板块碰撞,洋盆闭合(张招崇等,2009)。

中二叠世始,中二叠统库尔干组为陆相细碎屑岩沉积,夹煤线,含植物 *Dichophyllum flabellifera*。晚二叠世,仅在哈尔克山南缘出露上二叠统比尤勒尔谷孜组,为一套紫红色、灰绿色含砾粗砂岩,灰黑色泥岩,含圆饼菱铁矿结核的岩性组合,属造山期后红色磨拉石建造,含孢粉 *Piceapollenites-Gardenasporites* 组合、植物、双壳类等化石(贾承造等,2004b;图 2)。全区以陆相碎屑岩沉积为主,西南天山造山带已经开始从碰撞造山阶段向碰撞后伸展阶段演化(张敬艺,2008),进入前陆盆地(PQL)演化阶段(图 3a)。

## 2.2 塔中分区

塔中分区为塔里木板块主体,大部分为塔克拉玛干沙漠所覆盖,沉积出露较少。南华系与西南天山—霍拉山分区相似,为一套典型的大陆冰川堆积。震旦纪沉积了与西南天山—霍拉山地区相似的滨海—浅海相的苏盖特布拉克组和奇克布拉克组。苏盖特布拉克组下段为强氧化环境下的一套红色沉积

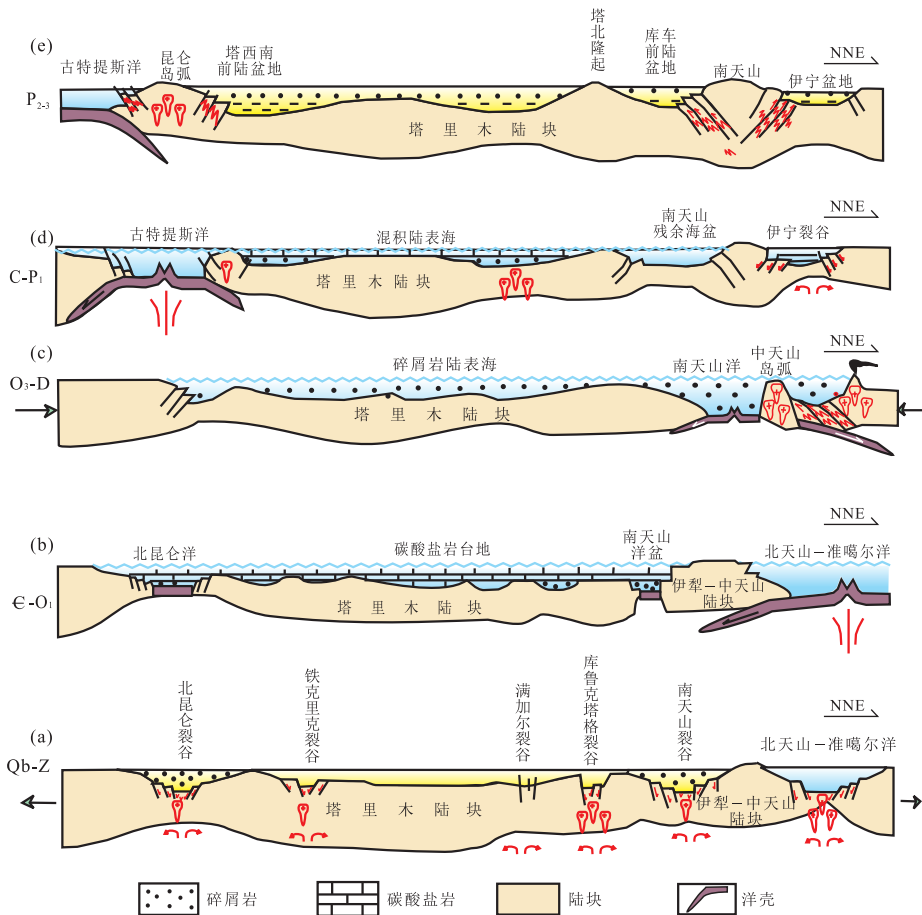


图 3 塔里木地区沉积—构造演化(据曹守连和陈发景,1994;汤良杰,1994 修改)

Fig.3 The schematic diagram of sedimentary-tectonic evolution of Tarim area

层,顶部含基性火山岩,并可见薄层赤铁矿;上段演化为弱还原环境下的边缘海滩—浅海沉积,以黄褐色砂岩夹海绿石砂岩为主,下部见竹叶状灰岩,含微古植物化石。奇格布拉克组以碳酸盐岩沉积为主,含叠层石 *Palnolites* sp.、*P. cf. vuigris*、*P. cf. emergens*、*Boxonia* cf.等、核形石 *Osagia minuta*、微古植物化石 *Leiopsophosphaera pelucidus*、*Trachysphaeridium hyalinum* 等(贾承造等,2004b)。由岩性组合特征可以看出,南华纪—震旦纪,塔中分区主体上为滨浅海相粗碎屑岩夹基性火山岩,表明地壳处于伸展背景,可能为裂谷盆地。此外,塔里木盆地受正断层控制,表现为断陷型地堑或半地堑,呈长条形分布(汤良杰,1994;徐旭辉,2002),进一步佐证了塔中分区晚南华—震旦纪为夭折裂谷(Nh<sub>3</sub>Zfr)。

寒武纪至中奥陶世,塔中以碳酸盐岩沉积和浅水沉积为主,属碳酸盐岩浅海台地相沉积。地层岩性由底寒武统玉尔吐斯组的硅质砂岩演化为肖尔布拉克组和吾松格尔组的泥晶白云岩,再到中寒武统阿瓦塔格组的蒸发台地相膏质、盐质白云岩,膏质泥

岩,盐膏岩及灰白色石膏,说明早寒武世到晚寒武世是一个海退过程。晚寒武统一奥陶统丘里塔格组下段以白云岩为主,上段下部以泥晶生物灰岩、弱硅化瓶筐石—葵盘石灰岩为特征,顶部夹硅质团块,富含投足类、海绵等化石,瓶筐石和古杯海绵组成的断续礁体显示了由台缘斜坡相向半闭塞—开阔台地相过渡。中奥陶统萨尔干组陆发育陆架滞流盆地相的黑色笔石页岩夹泥屑灰岩。

晚奥陶世,沉积以斜坡相薄层瘤状泥屑灰岩为主,顶部为碳质、钙质页岩,主要产牙形类、头足类(*Michelinoceras elongatum*)、三叶虫(*Brimanites*、*Cyclopyge*)、疑源类、腹足类、介形类、腕足类、几丁石和笔石 *Climacograptus spiniferus*、*Orthograptus quadrimucronatus* 等(贾承造等,2004b)。志留纪—中泥盆世为潮坪相的细碎屑岩沉积,以紫红色的细、粉砂岩及泥岩为主(李俊飞等,2012),含双壳类、腕足类、腹足类、无颌类、鱼类、疑源类及孢子等化石。说明志留纪始,塔中地区海域逐渐缩小,海水逐渐变浅,自西向东退出,沉积范围进一步缩小,总

体演变趋势为地壳稳定抬升。姜常义等(2001)在塔里木北缘出露的一条以岛弧性质钙碱性侵入岩为特征的侵入岩带,测得其花岗岩锆石 U-Pb 年龄为  $362.9 \pm 2.1$  Ma。这一时期,本分区主体转为碎屑陆表海沉积( $O_3D_2ce$ )。

石炭纪始,塔中分区主体从克里塔克组的开阔台地浅海相白云岩、鲕粒灰岩沉积,演化为和什拉甫组浅海—深海相碎屑岩及碳酸盐岩沉积,富含牙形类、有孔虫、腕足类、三叶虫、珊瑚、筴类。在巴楚—麦盖提地区,早石炭世发育较好半闭塞蒸发台地泻湖相含膏陆源碎屑岩夹碳酸盐岩沉积,含腕足类、牙形类(周守云,2000)。到了晚石炭世,岩性为碳酸盐岩,暗色泥岩与滨海相砂岩的交替,为浅水大陆架沉积。

早二叠世早期仍保持晚石炭世的面貌,但海水大规模向西退却,并逐渐向陆相过渡,主体成为隆起剥蚀区。巴楚地区,下二叠统南闸组为浅海台地相碳酸盐岩夹碎屑岩沉积,局部有玄武岩喷发,发育有牙形类 *S.whitei-N.pequopensis* 组合(张臣等,2001)。库普库兹满组为一套以泥岩、粉砂岩为主的杂色陆相地层,局部夹海相地层;在库普库兹满组上亚组以黑色玄武岩,橄榄玄武岩为主夹沉凝灰岩,类似于大陆裂谷型火山岩(肖光武,2009),与库普库兹满火山岩相比,开派兹雷克组火山岩分布朝东北方向有所迁移(许璟,2010)。此外,在麻扎尔塔格地区发育正长岩,测得岩浆锆石 U-Pb 年龄为  $282 \pm 3$  Ma;在塔中东北部钻井发现有上亚组的石英斑岩,测得岩浆锆石 U-Pb 年龄为  $286 \pm 4$  Ma(李勇等,2007)。说明这一时期,塔中内部为混积陆表海( $CP_1me$ )沉积,早二叠世中晚期始岩浆活动频繁,岩性以基性为主,少部分为中酸性(李勇等,2007),这些岩浆岩和沉积岩均为板块裂谷作用早期阶段产物(陈汉林等,1997;肖光武,2009),与塔里木板块北缘的岩浆弧无关(刘志宏等,2000),与软流圈上涌导致的主动裂陷作用有关(罗金海等,2012);塔北缘结合部位早二叠世早期表现为陆内裂陷盆地—弧后造山耦合;早二叠世晚期形成局部的挤压构造环境,表现为陆内挤压盆地—碰撞造山耦合(汤良杰等,2012)。

中二叠世始,乌什地区沉积海相薄层状泥质灰岩、礁灰岩、钙质粉砂岩、细砂岩;巴楚地区阿恰群分为陆相碎屑岩段和火山岩段,火山岩段以玄武岩、凝灰岩为主;在麻扎尔塔格地区的开派兹雷克组为陆相杂色碎屑岩、玄武岩,含大量植物化石及孢粉(蔡天赐等,1999),发育玄武岩及辉绿岩墙,分别测得其岩浆锆石 U-Pb 年龄为  $275 \pm 13$  Ma 和  $272 \pm 6$  Ma

(李勇等,2007)。

上二叠统沙井子组为杂色泥岩、粉砂岩、砂岩、砾岩及薄煤层,底部细砾岩、含砾砂岩,应为冲积扇河道和重力流沉积(许璟,2010),已基本不见岩浆活动,转为稳定陆相沉积环境。因此,塔中地区主体处于弧后挤压环境,与早二叠世末天山运动这一构造事件相呼应,塔里木板块向伊犁地体发生 A 型俯冲作用,在库车地区形成库车周缘前陆盆地,并处于前陆盆地形成早期阶段(刘志宏等,2000),结束了大规模海相沉积历史(杨克明,1994)。

### 2.3 柯坪分区

柯坪地层分区位于塔里木盆地西北缘,构造单元上属于柯坪断隆(余星等,2010),北临西南天山,南以沙井子断裂—柯坪塔格断裂为界,与塔中地区相邻。从老至新岩石地层单位见图 2。

青白口纪—震旦纪,本区沉积与西南天山—霍拉山分区大致相似。青白口系为巧恩布拉克组海下扇浊流沉积,为被动陆缘(QbPM)发展阶段。

南华系为尤尔美那克组浅—深海相碎屑岩和大陆冰川沉积。下震旦统苏盖特布拉克组沉积序列整体上粗上细,早期沉积以陆相为主,逐渐过渡为海相,砂岩中含少量海绿石及遗迹化石也是海相证据之一。奇格布拉克组整合于苏盖特布拉克组紫红色碎屑岩之上,为白云岩沉积,含叠层石 *Palnolites* sp.、*Osagia minuta*、微古植物化石 *Leiopsophaera pelucidus* 等(贾承造,2004b,图 2)。南华纪—早震旦世,从陆源碎屑浊流沉积夹少量玄武岩,到大量碳酸盐岩沉积,再逐渐变为以陆源碎屑岩沉积为主,说明该时期柯坪分区为夭折裂谷( $Nh_3Zfr$ )发展阶段。

中晚寒武世,以泻湖相的灰岩、白云岩、泥质白云岩等碳酸盐岩沉积为主,底部含灰黑色硅质岩、磷块岩,以顶部含膏岩盐为特征。上寒武统一—奥陶统丘里塔格组以砾屑灰岩、砂屑灰岩、泥晶灰岩为主,下部夹硅质白云岩及硅质条带,顶部含 *M.sevierensis* 牙形石,系半封闭—开阔台地相沉积。中晚奥陶世沉积了萨尔干组的一套黑色页岩、泥晶灰岩夹瘤状灰岩,说明柯坪当时处于缺氧底水环境(王飞宇等,2008)。上奥陶统主要出露在音干村一带,以泥屑灰岩、钙质和粉砂质页岩为主,产牙形类、头足类、三叶虫等化石,系斜坡相沉积。根据岩性特征判断柯坪为清水下的浅海陆棚区的碳酸盐岩台地( $EO_2CP$ )。

早志留世早期,柯坪塔格组岩性自下而上分为 3 段:下段以灰绿色、深灰色细砂岩,泥质粉砂岩夹

粉砂质泥质页岩为主,含几丁石、疑源类和少量腕足类、腹足类和双壳类化石;中段厚 60~160 m,为灰绿色泥页岩、粉砂质泥岩,含三叶虫、腕足类、双壳类、几丁石及介形类;上段厚 486~800 m,为灰绿色、暗紫色厚层粉砂岩、细砂岩及灰绿、深灰色页岩,含疑源类、腹足类、少量介形类、腕足类、几丁石等。平行不整合于上奥陶统的印干组之上。早志留世晚期发育塔塔埃尔塔格组地台型滨海相紫红色碎屑岩沉积(贾承造等,2004b)。中志留世为依木干他乌组紫红色细碎屑岩夹鲕状灰岩沉积,具交错层、泥裂,产 *Eurymyella* sp.等双壳类化石,顶部产 *Ozarkodina* cf. *edithae* 带牙形石组合(张臣等,2001)。上志留统一—中泥盆统克兹尔塔格组为潮坪相碎屑岩(王庆明,2000)。表明奥陶纪末—中泥盆世时期,柯坪总体演变趋势表现为抬升,海水进一步变浅,逐渐转为滨岸—潮坪环境(王宝瑜,2000)。因此,奥陶纪末—中泥盆世柯坪分区为滨海浅水沉积环境的碎屑岩陆表海( $O_3D_2ce$ )沉积,缺失上泥盆统沉积。

石炭纪—早二叠世早期地层发育广泛,化石丰富,地台区主要发育一套地台型碎屑岩—碳酸盐岩—膏岩组合(刘训等,1994;图 2),含丰富的筴类 *Eostaffella adducta*、腕足类 *Gigantoproductus* sp.、牙形类 *Streptognatodus isolatus* 带、珊瑚 *Yuanophyllum* cf. *kansuense* 和菊石 *Artinskia subashiensis* 等(贾承造等,2004b)。

早二叠世晚期以巴立克克里克组为代表的海相地层由西南向东北方向逐渐变薄。在库普库兹满等地岩浆活动频繁,以库普库兹满组上火山岩段为代表,发育玄武岩和基性岩墙群,与砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩互层,上部砂泥岩中夹中酸性的凝灰岩、火山角砾岩、安山岩或英安岩等,含介形类 *Darwinula jatskovae-Darwinoloides puris* 组合、孢粉 *Apiculatisporites-Verrucosisporites* 组合带等化石。在音干山西南,库普库兹满组岩性为褐黑色橄榄玄武岩,黑色玄武岩及沉凝灰岩,下部夹杏仁状玄武岩, $^{40}Ar/^{39}Ar$ 法年龄值为  $296.8 \pm 8.6$  Ma 和  $277.53 \pm 0.46$  Ma(贾承造等,2004b)。因此,该时期主体为混积陆表海沉积,自西向东灰岩厚度变薄,碎屑岩厚度增加(张致民等,1983),推测柯坪分区接受石炭纪海侵,海水自西向东发生海侵。中二叠世,柯坪地区主体由开派兹雷克组下部杂色砂岩、粉砂岩、泥岩组成,中部夹灰岩,上部玄武岩—杂色碎屑岩组成,含腕足类、腹足类和筴等海相化石。玄武岩有 5 个喷发旋回,测得四石厂玄武岩 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 法年龄值为

$256.6 \pm 7.3$  Ma(贾承造等,2004b),对该区沉积具有明显的控制作用。晚二叠世,盆地内为沙井子组一套杂色细碎屑岩沉积。说明该区晚二叠世岩浆活动已经减弱,塔里木进入陆内发展阶段。

## 2.4 库鲁克塔格分区

库鲁克塔格分区以库鲁克塔格山为主体,位于塔里木板块北缘和中亚造山带南缘天山造山系的结合部位(蔡志慧等,2011;贾晓亮等,2013)。北以辛格尔断裂为界与南天山褶皱带毗邻,南以孔雀河断裂与塔里木盆地相接,中有兴地断裂穿越整个库鲁克塔格地区(张艳和孙晓猛,2010),属于该盆地边缘的断块隆起区(姜常义等,2000;何金有等,2007)。

如图 2 所示,青白口纪,库鲁塔格分区沉积了帕尔岗塔格群的一套砾、砂、泥、粉砂岩为主的碎屑岩和以灰岩为主的碳酸盐岩组合,系被动陆缘(QbPM)沉积。

南华纪—早震旦世,地层序列自下而上为贝义西组、照壁山组、阿勒通沟组、特瑞艾肯组、扎摩克提组、水泉组和汉格尔乔克组。其中贝义西组、特瑞艾肯组和汉格尔乔克组主要发育一套海洋冰川、大陆冰川及火山岩沉积,其他为深海泥页岩和硅质岩,岩性为以紫红色砂岩为主的碎屑岩夹有多层海底火山岩,主要为碱性系列。说明受古新疆板块分离影响,库鲁克塔格沿兴地断裂带发生强烈裂解(舒良树等,2013),在兴地断裂以南孔雀河一带,为大陆裂谷环境下的重力滑塌陆源碎屑流沉积夹多套基性、碱性火山岩(汤良杰等,2004),断陷作用强烈,在塔中的满加尔地区发育成海相裂陷槽,向西延伸到满加尔拗陷的草湖地区附近逐渐挠起、尖灭(汪新文和陈发景,1997)。不难看出,火山活动与当时断裂构造活动关系密切,与滨海相沉积一起反映了裂谷阶段的发展过程(周肖贝等,2012),说明当时地壳仍具一定活动性,形成了冰川交融、火山活动和海陆交替变化的复杂沉积环境(丁道桂等,1996)。Xu et al.(2005,2009)等通过锆石 SHRIMP U-Pb 法对贝义西组、扎摩克提组、水泉组 3 个喷发期的火山岩时限进行了限定,年龄分别为  $755 \pm 15$  Ma、 $615 \pm 4$  Ma 和  $607 \pm 18$  Ma,玄武岩为板内玄武岩,稀土元素为轻稀土富集型(汪新文和陈发景,1997)。通过对各期火山岩主量、微量元素和稀土元素地球化学的研究也表明,各期火山岩均形成于裂谷环境(周肖贝等,2012)。根据大地构造背景和大陆裂谷火山岩特征推测,库鲁克塔格分区为天山—准噶尔洋从东北延伸入盆地的一条夭折裂谷( $Nh_3Zfr$ )(谢晓安等,

1997).

寒武纪始,发育西山布拉克组一套半深海黑色放射虫硅质岩沉积,中部为凝灰岩、安山岩,顶部夹含磷层.西大山组硅质泥岩—凝灰岩、枕状熔岩—泥岩、灰岩序列反映水体逐渐变浅,含蠕虫状化石 *Sabellidites cambriensis Yanichevsky* 和海绵动物化石(杨瑞东等,2005),向上水体变浅,出现砾屑灰岩.晚寒武世发育莫合尔山组,上部为灰岩夹竹叶状、砾状灰岩;下部为钙质泥岩、泥质灰岩夹隧石条带,下部层位向东,西侧均常相变为砂质灰岩、角砾状灰岩、粉砂岩等.突尔沙克塔格组为一套灰岩,钙质页岩,瘤状灰岩沉积,顶部的钙质泥岩,泥晶灰岩,薄层泥灰岩和页岩属奥陶系大陆架盆地相沉积,产三叶虫 *Dichelepyge sinensis*、牙形类 *Cordylodus angulatus* 带、腕足类及笔石(贾承造等,2004b).下奥陶统黑凹凸组下部以页岩和凝灰质页岩为主,上部硅质岩和硅质泥岩互层.表明,寒武纪—早奥陶世在库鲁克塔格—满加尔坳拉槽南带逐渐发育一套深水盆地相沉积,广泛分布西大山、莫合尔山、南雅尔当山和却尔却克山(段吉业等,2005;程日辉等,2006),主要为非补偿黑色薄层泥晶灰岩、笔石页岩及放射虫硅质岩(汪新文和陈发景,1997;贾承造等,2004b;汤良杰等,2004;段吉业等,2005),并含凝灰岩、枕状熔岩等火山水下喷发物.海水自塔里木东北缘浸入,库鲁克塔格—满加尔坳拉槽沉降,水体不断加深,受海平面升降控制,出现深水放射虫硅质岩及中基性火山喷发,沉降中心位于兴地断裂以北的满加尔坳陷地区(谢晓安等,1997;刘生国等,2001),水体深度接近于CCD补偿面,表现出欠补偿特征(丁道桂等,1996;汪新文和陈发景,1997),为台缘斜坡相和半深海相沉积(马明侠等,2006).

中—上奥陶统却尔却克组为泥质长石砂岩、泥质粉砂岩、泥岩互层,夹少量灰岩,沉积物供应充足,厚度巨大,体现出过补偿特点(汪新文和陈发景,1997),可以看出库鲁克塔格—满加尔坳拉槽进一步发育,晚奥陶世海泛面达到最大(段吉业等,2005).灰岩自西向东增多,判断从满加尔坳陷向西,海水变浅(汪新文和陈发景,1997).早志留世延续奥陶纪沉积,土什布拉克组由一套灰绿色砂岩及粉砂岩组成,夹少量泥灰岩、灰岩,含腹足类 *Lophospira*、头足类 *Michelinoceras*、笔石 *Monograptus priodon* 等.在阿克布拉克地区厚度较小,夹凝灰质砂岩、凝灰质粉砂岩和石英角斑岩.砂岩发育正粒序和小型交错层理,系浊流成因,但海水仍继续变浅.中晚志留世,地

层缺失.此时,南北两侧洋盆俯冲,南天山洋主体已消减,库鲁克塔格裂陷槽封闭转为隆起挠曲.

早泥盆世,沉积阿尔皮什麦布拉克组一套滨海相碎屑物质,夹碳酸盐岩及中酸性火山岩,含珊瑚、腕足类化石.贾晓亮等(2013)用 LA-ICP-MS 法在位于库鲁克塔格西段的两处花岗质侵入岩体中锆石 U-Pb 同位素年龄分别为  $400.6 \pm 1.6$  Ma 和  $399.3 \pm 1.5$  Ma.中泥盆世发育阿拉塔格组和萨阿尔明组一套碎屑岩夹碳酸盐岩,基—酸性火山岩沉积,岩性以粉砂岩、砂岩、鲕粒灰岩为主,产珊瑚、腕足类等化石.鲕粒灰岩的出现,表明当时海水变浅.晚泥盆世,则主要沉积哈孜尔布拉克组的一套滨海—陆相碳酸盐岩类复理石—碎屑岩沉积,仅见极少凝灰岩、中基性熔岩、硅质岩,含腕足、腹足、珊瑚、海百合茎等,沉降中心位于塔中满加尔地区.早石炭世,由甘草湖组稳定陆台型滨海—浅海相碎屑岩与碳酸盐岩交互沉积演化为野云沟组浅海相碳酸盐岩沉积.因此,泥盆纪—早石炭世,在海西早期运动作用下,库鲁塔格地区继续抬升趋势,仅在早石炭世再次接受海侵,形成混积陆表海(DC<sub>1me</sub>)沉积.

## 2.5 铁克里克分区

铁克里克分区以铁克里克构造带为主体,位于塔里木西南缘,为西昆仑造山带和塔里木地块结合部位,北以铁克里克北缘断裂为界,南以柯岗断裂为界(王超等,2009).

如图2所示,青白口纪时期沉积了丝路群博查特塔格组和苏玛兰组的一套碳酸盐岩组合及苏库罗克组以碎屑岩为主的杂色岩层,含叠层石 *Gymnosolen*、*Inzeria*、*Jurusania*、*Potomia*、*Tungussia*、*Minjaria*、*Boxonia* 等,微古植物分子 *Oscillatorites* sp.、*ophosphaeridium acietatum*、*Polyedryxium* sp.、*Macroptycha uniplicata* 等(王爱国等,2004),为被动陆缘(QbPM)发展阶段.

南华纪,地层从老至新依次为牙拉古孜组、波龙组、克里西组.牙拉古孜组沉积了一套红色底砾岩夹砂岩、砂砾岩及粉砂质泥岩所组成的岩石序列,具大型斜层理.波龙组为海相冰成岩,以灰色块状冰碛岩、混碛岩为主,夹有硅质泥岩、粉砂岩、页岩、浊积砂岩和碎屑流砾岩.克里西组沉积由灰绿色砂岩、砂砾岩渐变为泥硅质岩.从以山麓冲积物为主的沉积向上逐渐变为下震旦统雨塘组的含坠石纹层状泥岩,反映了南华纪初期磨拉石建造和晚期深水湖相的存在.震旦系在铁克里克一带不整合于青白口系之上,主要为冰海相和浅海相碳酸盐岩沉积(宗文明



等,2010),含丰富的海绵古针及微古植物化石 *Baltisphaeridium orbiculare*、*Trematosphaeridium minutum* 等(贾承造等,2004b)。反映出南华系陆相—闭塞环境的滨浅海逐渐向震旦系开阔环境的浅海环境演化的过程,铁克里克南缘形成于大陆板内的拉张环境(王爱国等,2004),总体表现为夭折裂谷盆地(Nh<sub>3</sub>Zfr)。

在铁克里克分区未发现寒武纪—早泥盆世的地层,与震旦纪末发生库鲁克塔格运动,基底整体隆升相应,本区处于岛弧隆起带,即使在最大海侵期,海水也未覆盖,因而缺失寒武系、奥陶系。晚奥陶世始,随着南天山洋向北俯冲,海水退却,铁克里克地区处于挤压环境,逐渐变为古陆,故缺失志留系及下泥盆统。

中晚泥盆世为克孜勒陶组和奇自拉夫组一套河流相的陆源碎屑岩沉积,岩性以粉砂岩、长石石英砂岩为主。早石炭世沉积克里塔克组和和什拉甫组台地浅海相含镁质碳酸盐岩夹碎屑岩,以白云岩、鲕状灰岩、碎屑灰岩为主,含腕足类、有孔虫、牙形类、筳类等化石。晚石炭世发育滨海—浅海相沉积,卡拉乌依组由泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、杂砂岩夹灰岩,向上演化为以含生屑灰岩、泥晶灰岩为主,夹粉砂岩、石英杂砂岩,含丰富的有孔虫 *Bradyina minima*、腕足类 *Brachythyris ovalis*、介形虫 *Bairdia biacuta* 等化石(贾承造等,2004b)。阿孜干组整合于卡拉乌依组之上,岩性以泥灰岩为主,夹碎屑灰岩,底部为含生屑白云质灰岩,顶部为砂质灰岩、粉砂质泥岩、粉砂岩及钙质砂岩,含有孔虫 *Bradyina cf. Magna*、筳类 *Fusulina-Fusulinella* 带和较少的牙形类 *Stregnathodus parvus*、腕足类 *Choristites cf. Supermosquensis*、珊瑚 *Gshelia cf. nuanheziensis*、介形类 *Roundyella bellatula* 等化石(贾承造等,2004b)。下二叠统塔哈奇组岩性为灰色粒屑灰岩,生物灰岩、细晶灰岩及浅灰色块状含砾粗砂岩,夹少量绿灰色薄层粉砂岩及酱红色粉砂岩,为滨海相沉积。表明,中泥盆世—早二叠世,铁克里克分区总体为混积陆表海(D<sub>2</sub>P<sub>1me</sub>)沉积。

中二叠世,棋盘组为泥岩、生物碎屑灰岩与砂岩、粉砂岩互层的三角洲相和大陆架浅海相沉积;达里约尔组以粉砂岩、泥岩为主,夹砂岩、含砾砂岩、砾岩,含介形类 *Darwinuloides dobrinkaensis* 等,属陆相冲积扇沉积。普司格组则沉积一套以砂岩,含砾粗砂岩,砂质泥岩不均匀互层夹钙质泥岩,硅质泥岩及含砾泥岩,向上变为砂质泥岩夹砂岩,砂质灰岩,

泥灰岩,硅质粉砂岩及钙质砂岩,属一套河湖相沉积。上二叠统杜瓦组岩性较粗,以细—中粒砾岩为主,夹砂岩和泥质粉砂岩,顶部含少量泥岩,含孢粉 *Piceapollenites-Gardensproites* 组合、*Anthraco-nauta duwaensis* 组合,介形类 *Panxiania-Volganella-Darwinuloides* 组合等(贾承造等,2004b),为河流—山麓堆积相沉积(韩玉玲,2000)。这些沉积标志着早二叠世末古特提斯洋向北俯冲,铁克里克地区发育成弧后前陆盆地(高敏,2012)。

### 3 塔里木盆地构造演化

根据塔里木新元古代—中生代的地层沉积特征和生物化石组合及盆地演化特征,进一步可以分为 5 个演化阶段。

#### 3.1 青白口纪基底形成及南华—震旦纪板块裂解、扩张阶段

新元古代早期,塔里木开始进入稳定的盖层发展阶段,稳定区范围进一步扩大。青白口纪发育海下扇浊流沉积,属被动陆缘沉积(QbPM)。另见侵入岩脉与上覆地层沉积不整合接触,说明研究区经历了岩浆侵入、抬升剥蚀和再次接受沉积的复杂过程(陆松年和高振家,1990)。青白口纪末期,晋宁运动(塔里木运动)使得塔里木北缘与南天山、中天山及其邻近的哈萨克斯坦板块准噶尔地带聚合,形成统一的新疆古板块(新疆古克拉通)(汪新文和陈发景,1997),即形成了稳定的古塔里木板块(张良臣和吴乃元,1985;成守德等,1986;肖序常等,1991;丁道桂等,1996),海水退出本区。因此,新元古代(1 000~700 Ma)的塔里木陆块很好记录了 Rodinia 超大陆汇聚与裂解的沉积建造与盆地演化过程。

南华纪—震旦纪,塔里木沉积区主体上为滨—浅海相粗碎屑岩,表明整个塔里木陆块及周缘地区处于伸展构造环境,可能为裂谷盆地。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:沉积层中火山岩以基性为主,未见双峰式火山岩,局部发育冰碛岩(邬光辉等,2012),均属夭折裂谷沉积物。此外,塔里木盆地受正断层控制,表现为断陷型地堑或半地堑,呈长条形分布(刘生国等,2001),进一步佐证研究区为夭折裂谷(NhZfr)。说明古塔里木板块(古新疆板块)发生裂解(肖序常等,1991;汤良杰等,2004),使得塔里木陆块与羌塘地块和准噶尔地块及伊犁地块相继分离,塔里木陆块边缘和内部均出现裂谷(汤良杰,1994;王子煜等,2001;徐旭辉,

2002),自西向东依次为铁克里克裂谷、柯坪裂谷、满加尔裂谷、库鲁克塔格裂谷和南天山裂谷(汤良杰,1994)(图3a)。晚震旦世始,盆地内沉积一套滨—浅海相的陆缘碎屑岩,地壳以沉降为主,海水向西漫漫。晚期转为局限海相碳酸盐(王子煜等,2001)沉积,在塔里木主体部位形成了广阔的克拉通内拉张盆地,其盆地由早震旦世的断陷转变为拗陷(汤良杰,1994),塔里木区域性整体抬升与震旦纪末柯坪运动相响应。

### 3.2 寒武纪—中奥陶世板块裂解、扩张阶段

寒武纪,柯坪地区发育泻湖相沉积,顶部含膏盐岩;铁克里克地区未接受寒武系沉积;塔中、库鲁克塔格地区则沉积一套非补偿放射虫硅质岩、富有有机质黑色页岩含磷硅质岩和碳酸盐岩组合;塔里木总体处于碳酸盐岩台地相沉积(图3b)。表明早古生代早期,由于中天山微板块向北漂移,塔里木北部仍处于扩张环境(丁道桂等,1996;姜春发,1997),拉张速率扩大,海水加深,是一个逐渐的海进过程(冯增昭等,2006),海水迅速淹没塔里木盆地(郭峰和郭岭,2011),形成海进期体系域。西山布拉克组底部的辉绿岩、玄武岩和硅质岩组合为寒武纪早期该区存在强烈的地壳伸展拉张作用提供了岩石学证据(杨瑞东等,2006)。

早奥陶世始,塔里木盆地继承了晚寒武世的古地理格局,地壳相对稳定。塔里木靠近南天山一侧为被动陆缘盆地,主要沉积一套含磷硅质岩和碳酸盐岩组合,说明南天山洋已初具雏形;在塔中地区形成了巨厚的浅水碳酸盐岩沉积,向南在满加尔凹陷堆积海底扇沉积物,系深水盆地相沉积。塔里木总体处于台地相碳酸盐岩沉积,其几何形态为隆起和拗陷相间排列的盆岭构造。随着北昆仑洋沿乌依塔格—库地—阿其克库勒湖—香日德缝合带一线向塔西南缘俯冲消减,中奥陶统在塔中地区西缘巴楚—阿瓦提—拜城一带发育斜坡相沉积(何登发等,2007),塔北、塔中、塔东等形成古隆起(邬光辉等,2009)。此时,盆地格局发生了较大变化,南缘已经由伸展体制转变为挤压体制。与此同时,南天山洋盆处于中天山岛弧之后,明显与弧后扩展作用有关(何登发等,2007,图3b)。

### 3.3 奥陶纪末—泥盆纪俯冲消减、聚合阶段

晚奥陶世始,塔中、柯坪及库鲁克塔格一带发育陆源碎屑岩沉积,沉积物供应充足,引张断层、盐构造和大型重力滑动构造十分发育,碳酸盐岩台地转化为以暗色泥灰岩、泥岩不等厚互层为主的混积陆

棚沉积,沉积厚度急剧减少。志留纪的薄层状碳酸盐岩、含石膏碎屑岩等沉积特征说明塔里木总趋势是地壳稳定抬升,发生了大规模的海退(许效松等,2005),海域逐渐缩小,海水逐渐变浅,与奥陶纪末期哈萨克斯坦板块、准噶尔板块和塔里木板块相碰撞事件相对应(张臣等,2001)。朱志新等(2006)测得那提拉山二长花岗岩锆石年龄为436 Ma,说明西南天山洋在早志留世开始向伊犁—中天山岛弧之下俯冲,进一步佐证了奥陶纪的加里东中期运动(即艾比湖运动),对塔里木板块及其边缘的构造具有重要影响:塔里木板块边缘有限洋盆向北俯冲消减和微板块的软碰撞,使塔里木陆块北部抬升隆起(伍致中和刘东海,1996)。水体变浅,物源供给充足,改变了以前的欠补偿沉积,使塔里木盆地由寒武—奥陶纪克拉通内张盆地转化为志留纪—泥盆纪克拉通挤压盆地(李京昌等,1998)。

泥盆纪开始,塔里木地层不整合于早古生代地层之上,主体属碎屑岩陆表海盆地(李俊飞等,2012;图3c)。晚泥盆世海陆相粗碎屑岩为典型的造山期后磨拉石建造(汤良杰,1994)。说明在南北两侧洋盆的俯冲消减闭合作用下,塔里木发生第一次构造反转。仅在西南天山—霍拉山地区,泥盆纪广泛出露以薄层状灰岩为主的碳酸盐岩夹碎屑岩及石膏,且在托什干河上游一带的托格买提组下部见中性火山岩夹灰岩和碎屑岩,证明南天山洋西部在泥盆纪晚期仍处于俯冲消减阶段。

### 3.4 石炭纪—早二叠世发展阶段

早石炭世,板块内部为碳酸盐岩沉积(克里塔克组),早石炭世末,塔北—塔东弧形隆起形成。晚石炭世早期,陆源碎屑大量增加,为半闭塞台地相沉积,到了晚石炭世晚期,再次沉积了一套碳酸盐岩(和什拉甫组)。说明石炭纪塔里木经历多次海侵—海退旋回,处于板块重要的海侵期(陈汉林等,2006),在广大地区为海侵环境下形成的滨海—浅海相碎屑岩与碳酸盐岩交互的混积陆表海沉积。与上覆地层下二叠统普遍存在一个不整合沉积间断面,说明盆地受南北两侧的挤压抬升,海水开始退缩,南天山海已变为边缘残余海盆继续向北俯冲消减。早二叠世早期,塔北地区地层缺失,为凹凸相间的塔北隆起;塔里木主体为滨岸沼泽相的含煤碎屑岩沉积;塔里木西南缘铁克里克分区由碳酸盐岩台地沉积逐渐向陆相过渡(图3d)。沉积厚度自南东向北西逐渐增大,在塔西南地区达最大,佐证了海水开始由东向西退出。

早二叠世中晚期,盆地内柯坪、塔中西北部巴楚

地区岩浆活动频繁,分布有大量的火山岩和侵入岩(张传林等,2010),广泛发育玄武岩和基性岩墙群(李京昌等,1998;张传林等,2010),局部见中酸性火山岩。反映海西末期运动使塔里木板块与周缘板块碰撞造山,碰撞后出现短期伸展裂谷作用,使得塔里木内部爆发大规模的火山喷发和岩浆侵入(丁文龙等,2008),火山通道广泛出现在巴楚隆起和塔中隆起,在塔北隆起和和田隆起也较常见(蒲仁海等,2011),为陆内裂陷盆地沉积。而在西南天山—霍拉山分区仍为海相沉积,但沉积物粗碎屑岩含量增多(曹守连和陈发景,1994),变质作用及岩浆活动强烈(田作基等,2000),具短程、脉动喷发的特点:292~285 Ma、279 Ma、273~270 Ma(夏林圻等,2008)处于残余盆地发展阶段。早二叠世末,在海西晚期运动(天山运动)作用下,塔里木板块、伊犁—中天山板及西伯利亚板块陆—陆碰撞拼合(田作基等,2000),西南天山残余海盆向西退缩闭合,反转形成南天山山系。塔里木陆块从此结束了大规模海相沉积历史(杨克明,1994)。

### 3.5 中晚二叠世前陆盆地发展阶段

中二叠世,火山活动已逐渐减弱,刘金坤等(1991)在巴楚地区测得阿恰群的基性岩墙玄武岩 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 同位素年龄为 275.6 Ma,Sm-Nd 法同位素年龄为 259 Ma,具大陆裂谷火山—沉积建造特征。玄武质岩浆作用对沉积作用具明显控制作用,岩浆上拱导致塔里木板块的地壳抬升,海水逐渐向西退出,盆地内部的沉积环境由海相逐渐过渡到陆相(罗金海等,2012)。塔里木东部主要为隆起区;南缘古特提斯洋向中昆仑地体(塔里木西南缘)下俯冲,沿西南缘形成叠瓦式推覆体,在塔西南地区出现上二叠统杜瓦组上千米的陆相磨拉石建造(何登发等,2005),标志着中二叠世始盆地遭受改造形成弧后前陆盆地;北缘南天山洋已闭合,塔里木陆块和伊犁—中天山地块逐渐焊合,在西南天山及库车地区同样沉积了中上二叠统达里约尔组和比尤勒包谷孜组的厚层磨拉石建造。表明西南天山残余洋盆已闭合,塔里木盆地及周边邻区整体处于挤压环境,进入前陆盆地(PQL)阶段(图 3e)。

## 4 结论

在综合分析塔里木岩石地层和生物化石组合等沉积特征的基础上,划分出塔里木新元古代—古生代的被动陆缘、夭折裂谷、碳酸盐岩台地、碎屑岩陆

表海、残余海盆、混积陆表海、陆内裂陷盆地及前陆盆地共 8 种沉积盆地类型,着重论述了研究区的盆地沉积特征,为分析盆地形成演化时的大地构造环境提供沉积学依据:自新元古代晚期以来,塔里木区经历了青白口纪基底形成,南华—震旦纪大陆裂谷发育,寒武纪—二叠纪由海相沉积环境逐渐变为陆相沉积环境的海陆交互演化过程,完整记录了该区经历过多次隆升—沉降构造演化。

致谢:本文撰写得到了本项目组成员的帮助。中国地质调查局发展研究中心、全国重要矿产成矿背景项目组的所有专家学者们提供了大量基础资料,对本文的形成起到了奠基和指导的作用,在此深表感谢!

## References

- Cai, D.S., Lu, H.F., Jia, D., et al., 1995. Paleozoic Plate Tectonic Evolution of Southern Tianshan. *Geological Review*, 41(5): 432—443 (in Chinese with English abstract).
- Cai, T.C., Sun, Q.L., Liao, C.Q., et al., 1999. Stratigraphy of Xinjiang Uygur Autonomous Region. China University of Geosciences Press, Wuhan (in Chinese).
- Cai, Z.H., Xu, Z.Q., Tang, Z.M., et al., 2011. The Crustal Deformation during the Early Paleozoic Period and the Timing of Orogeny in Kuruktag Area on the Northeast Margin of Tarim Basin. *Geology in China*, 38(4): 855—867 (in Chinese with English abstract).
- Cao, S.L., Chen, F.J., 1994. Tectonic Evolution of Foreland Basin and Relationship with Oil and Gas in Northern Tarim. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 19(4): 482—492 (in Chinese with English abstract).
- Chen, H.L., Yang, S.F., Dong, C.W., et al., 1997. The Discovery of Early Permian Basic Rock Belt in Tarim Basin and Its Tectonic Meaning. *Geochimica*, 26(6): 77—87 (in Chinese with English abstract).
- Chen, H.L., Yang, S.F., Wang, Q.H., et al., 2006. Sedimentary Response to the Early-Mid Permian Basaltic Magmatism in the Tarim Plate. *Geology in China*, 33(3): 545—552 (in Chinese with English abstract).
- Cheng, R.H., Wang, P.J., Liu, W.Z., et al., 2006. Sequence Stratigraphy and Models for the Cambrian in Kuluketage, Xinjiang. *Xinjiang Geology*, 24(4): 353—360 (in Chinese with English abstract).
- Cheng, S.D., Wang, G.R., Yang, S.D., et al., 1986. The Paleoplate Tectonic of Xinjiang. *Xinjiang Geology*, 4(2): 1—26 (in Chinese with English abstract).

- Ding, D.G., Wang, D.X., Liu, W.X., et al., 1996. The Western Kunlun Orogenic Belt and Basin. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Ding, W. L., Lin, C. S., Qi, L. X., et al., 2008. Structural Framework and Evolution of Bachu Uplift in Tarim Basin. *Earth Science Frontiers*, 15(2): 242—252 (in Chinese with English abstract).
- Duan, J.Y., Xia, D.X., An, S.L., et al., 2005. Deep-Water Sedimentation and Sedimento-Tectonopaleogeography of the Neoproterozoic-Early Palaeozoic Aulacgen in Kuruktag, Xinjiang, China. *Acta Geologica Sinica*, 79(1): 7—16 (in Chinese with English abstract).
- Feng, Z.Z., Bao, Z.D., Wu, M.B., et al., 2006. Lithofacies Paleogeography of the Cambrian in Tarim Area. *Journal of Palaeogeography*, 8(4): 427—439 (in Chinese with English abstract).
- Gao, J., 1993. Plate Tectonic and Geodynamics of Orogenesis of the Southwest Tianshan Mountains (Dissertation). Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing (in Chinese with English abstract).
- Gao, J., Long, L.L., Qian, Q., et al., 2006. South Tianshan: A Late Paleozoic or a Triassic Orogen? *Acta Petrologica Sinica*, 22(5): 1049—1061 (in Chinese with English abstract).
- Gao, M., 2012. Geometry and Kinematics of the Western Part of Southwest Tarim Basin (Dissertation). China University of Geosciences, Beijing (in Chinese with English abstract).
- Guo, F., Guo, L., 2011. Sequence Stratigraphy and Sedimentary Evolution of Cambrian System at the Xiaerblak Section in the Keping Area. *Journal of Stratigraphy*, 35(2): 164—171 (in Chinese with English abstract).
- Han, Y.L., 2000. Palaeogeography of the Permian in Xinjiang. *Xinjiang Geology*, 18(4): 330—334 (in Chinese with English abstract).
- Hao, J., Liu, X.H., 1993. Ophiolite Melange Time and Tectonic Evolutional Model in South Tianshan Area. *Scientia Geologica Sinica*, 28(1): 93—95 (in Chinese with English abstract).
- He, D.F., Jia, C.Z., Li, D.S., et al., 2005. Formation and Evolution of Polycyclic Superimposed Tarim Basin. *Oil & Gas Geology*, 26(1): 64—77 (in Chinese with English abstract).
- He, D.F., Zhou, X.Y., Zhang, C.J., et al., 2007. The Prototype and Evolution of Ordovician in Tarim Basin. *Chinese Science Bulletin*, 52(S1): 126—135 (in Chinese).
- He, J.Y., Xu, B., Meng, X.Y., et al., 2007. Neoproterozoic Sequence Stratigraphy and Correlation in Quruqtagh Area, Xinjiang. *Acta Petrologica Sinica*, 23(7): 1645—1654 (in Chinese with English abstract).
- Jia, C.Z., Sun, L.D., Zhou, X.Y., et al., 2004a. The Structural Characteristics and Oil and Gas Geological Conditions of Meozoic and Cenozoic Basin in Tarim. Petroleum Industry Press, Beijing (in Chinese).
- Jia, C.Z., Zhang, S.B., Wu, S.Z., et al., 2004b. The Strata of Tarim Basin and the Surrounding (Volume One): The Stratigraphic Summary. Science Press, Beijing (in Chinese).
- Jia, X.L., Guo, R.Q., Chai, F.M., et al., 2013. Geochemistry and Geochronology of Monzogranites in Kuruktag of Xinjiang and Their Tectonic Implications. *Geological Bulletin of China*, 32(2—3): 239—250 (in Chinese with English abstract).
- Jiang, C.F., 1997. Opening-Closing Tectonic of Tarim Platform. *Xinjiang Geology*, 15(3): 193—202 (in Chinese with English abstract).
- Jiang, C.Y., Bai, K.Y., Hei, A.Z., et al., 2000. Petrology, Geochemistry, Magmatic Process and Source Composition of Sinian-Cambrian Volcanic Rocks in Kuruktag Area. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 19(1): 8—18 (in Chinese with English abstract).
- Jiang, C.Y., Mu, Y.M., Zhao, X.N., et al., 2001. Petrology and Geochemistry of Active Continental-Margin Intrusive Rock Belt on the Northern Margin of the Tarim Plate. *Regional Geology of China*, 20(2): 158—163 (in Chinese with English abstract).
- Jin, Z.J., Zhang, Y.W., Chen, S.P., et al., 2005. The Structure-Sedimentary Processes of Tarim Basin. *Science in China (Ser.D)*, 35(6): 530—539 (in Chinese).
- Li, J.B., 2010. Late Paleozoic Sedimentary Basin and Tectonic Evolution in Southwestern Tianshan Mountains, Xinjiang (Dissertation). Chengdu University of Technology, Chengdu (in Chinese with English abstract).
- Li, J.C., Jin, Z.J., Liu, G.C., 1998. The Reversal Periodic of Tarim Basin. *Journal of the University of Petroleum, China* 22(3): 11—14 (in Chinese with English abstract).
- Li, J.F., Fang, W., Kong, W.T., et al., 2012. Tarim Basin Paleozoic Sedimentary Facies Evolution. *Energy and Energy-Conservation*, (9): 111—112 (in Chinese with English abstract).
- Li, Y., Su, W., Kong, P., et al., 2007. Zircon U-Pb Ages of the Early Permian Magmatic Rocks in the Tazhong-Bachu Region, Tarim Basin by LA-ICP-MS. *Acta Petrologica Sinica*, 23(5): 1097—1107 (in Chinese with English abstract).

- Liang, Y. H., Li, W. Q., 2000. Discussion of Opening-Closing Tectonic Belt of Paleozoic in South Tianshan Mountains, China. *Xinjiang Geology*, 18(3): 220—228 (in Chinese with English abstract).
- Liu, J. K., Li, W. M., 1991. Petrologic Characteristics and Ages of Basalt in North Tarim. Research of Petroleum Geology of Northern Tarim Basin in China (The First Collection): Concerning the Stratigraphy and Sedimentology. China University of Geosciences Press, Wuhan, 194—201 (in Chinese).
- Liu, S. G., Hu, W. S., Liu, Z. F., et al., 2001. Structure-Stratigraphy Assemblage Characteristic in Tarim Basin from Pre-sinian to Carboniferous. *Journal of Xi'an University of Science & Technology*, 21(2): 136—139 (in Chinese with English abstract).
- Liu, X., Graham, S., Chang, E., et al., 1994. Tectonic Evolution of Tarim Plate and Its Surrounding Area since Late Paleozoic. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 19(6): 715—725 (in Chinese with English abstract).
- Liu, Z. H., Lu, H. F., Li, X. J., et al., 2000. Tectonic Evolution of Kuqa Rejuvenated Foreland Basin. *Scientia Geologica Sinica*, 35(4): 482—492 (in Chinese with English abstract).
- Lu, S. N., Gao, Z. J., 1990. A Comparative Study on the Characteristics of Debris Flow and Glacial Deposits of Late Proterozoic in the Akso Area of Xinjiang. Bulletin of the 562 Comprehensive Geological Brigade, Chinese Academy of Geological Sciences, 1—16 (in Chinese).
- Luo, J. H., Che, Z. C., Zhang, G. F., et al., 2012. Early-Middle Permian Basin-Mountain Coupling Features between Northwestern Margin of the Tarim Basin and the South Tianshan Orogen. *Acta Petrologica Sinica*, 28(8): 2506—2514 (in Chinese with English abstract).
- Ma, M. X., Chen, X. J., Zhang, X. H., et al., 2006. The Cambrian-Ordovician Sedimentary Features and Structural Control in the Central Tarim Area. *Petroleum Geology & Experiment*, 28(6): 549—553 (in Chinese with English abstract).
- Pan, G. T., Xiao, Q. H., Lu, S. N., et al., 2009. Subdivision of Tectonic Units in China. *Geology in China*, 36(1): 1—28 (in Chinese with English abstract).
- Peng, H. C., Zhang, Z. S., Liu, S. P., 2006. Type of Paleozoic Basin and Feature of Plate Movement in Tarim Basin. *Oil Geophysical Prospecting*, 41(6): 711—718 (in Chinese with English abstract).
- Pu, R. H., Dang, X. H., Xu, J., et al., 2011. Permian Division and Correlation and Distribution of Volcanic Rocks of Tarim Basin. *Acta Petrologica Sinica*, 27(1): 166—180 (in Chinese with English abstract).
- Shu, L. S., Wang, B., Zhu, W. B., 2007. Age of Radiolarian Fossils from the Heiyingshan Ophiolitic Melange, Southern Tianshan Belt, NW China, and Its Tectonic Significance. *Acta Geologica Sinica*, 81(9): 1161—1168 (in Chinese with English abstract).
- Shu, L. S., Zhu, W. B., Wang, B., et al., 2013. The Formation and Evolution of Ancient Blocks in Xinjiang. *Geology in China*, 40(1): 43—60 (in Chinese with English abstract).
- Tang, L. J., 1994. Evolution and Tectonic Patterns of Tarim Basin. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, (6): 742—754 (in Chinese with English abstract).
- Tang, L. J., Qiu, H. J., Yun, L., et al., 2012. Analysis of Basin-Mountain Coupling and Transition of the Northern Tarim Basin-Southern Tianshan Orogenic Belt. *Earth Science Frontiers*, 19(5): 195—204 (in Chinese with English abstract).
- Tang, L. J., Zhang, Y. W., Jin, Z. Y., et al., 2004. Opening-Closing Cycles of Tarim and Qaidam Basins, Northwestern China. *Geological Bulletin of China*, 23(3): 254—260 (in Chinese with English abstract).
- Tian, Z. J., Hu, J. Y., Song, J. G., et al., 2000. The Tectonic Framework and Petroleum System of Kuqa Foreland Basin in Tarim. *Xinjiang Petroleum Geology*, 21(5): 379—383 (in Chinese with English abstract).
- Wang, A. G., Zhang, C. L., Zhao, Y., et al., 2004. Depositional Types of Lower Part of Nanhua System on the Northern Margin of Southwest Tarim and Their Tectonic Significance. *Journal of Stratigraphy*, 28(3): 248—256 (in Chinese with English abstract).
- Wang, B. Y., 2000. Palaeogeography of the Silurian in Xinjiang. *Xinjiang Geology*, 18(4): 315—318 (in Chinese with English abstract).
- Wang, C., 2006. Petrogenesis and Geotectonic Setting of Baileigong Mafic-Ultramafic Rocks in Southwest Tianshan Orogen (Dissertation). Northwest University, Xi'an (in Chinese with English abstract).
- Wang, C., Liu, L., Che, Z. C., et al., 2009. Zircon U-Pb and Hf Isotopic from the East Segment of Tiekelike Tectonic Belt: Constrains on the Timing of Precambrian Basement at the Southern Margin of Tarim, China. *Acta Geologica Sinica*, 83(11): 1647—1656 (in Chinese with English abstract).
- Wang, F. Y., Du, Z. L., Zhang, B. M., et al., 2008. Geochemistry of Salgan Black Shales of Middle-Upper Ordovician in

- Keping Outcrop, Tarim Basin. *Xinjiang Petroleum Geology*, 29(6): 687—689 (in Chinese with English abstract).
- Wang, Q. M., 2000. Palaeogeography of the Devonian in Xinjiang. *Xinjiang Geology*, 18(4): 319—323 (in Chinese with English abstract).
- Wang, X. W., Chen, F. J., 1997. Sinian-Ordovician Tectonic Evolution of North Tarim and South Tianshan Region and Its Relation to Oil and Gas. *Geoscience*, (3): 54—62 (in Chinese with English abstract).
- Wang, Y., He, J. Y., Wei, W., et al., 2010. Study on the Late Proterozoic Sedimentary Facies and Sequence Stratigraphy in Aksu Area, Xinjiang. *Acta Petrologica Sinica*, 26(8): 2519—2528 (in Chinese with English abstract).
- Wang, Z. Y., Qi, J. F., Wang, L. W., et al., 2001. The Regional Tectonic Evolution of Tarim Basin and Adjacent Old Belts. *Journal of Changchun University of Science and Technology*, 31(4): 323—327 (in Chinese with English abstract).
- Wu, G. H., Li, H. W., Xu, Y. L., et al., 2012. The Tectonothermal Events, Architecture and Evolution of Tarim Craton Basement Palaeo-Uplifts. *Acta Petrologica Sinica*, 28(8): 2435—2452 (in Chinese with English abstract).
- Wu, G. H., Zhang, B. S., Guo, C. L., et al., 2009. Detrital Zircon U-Pb Dating for the Silurian in Northern Tarim Basin and Its Significance. *Geotectonica et Metallogenia*, 33(3): 418—426 (in Chinese with English abstract).
- Wu, Z. Z., Liu, D. H., 1996. The Formation and Development in Southwest Depression of Tarim Basin. *Xinjiang Petroleum Geology*, 17(3): 211—218 (in Chinese with English abstract).
- Xia, L. Q., Xia, Z. C., Xu, X. Y., et al., 2008. Petrogenesis of Carboniferous-Early Permian Rift-Related Volcanic Rocks in the Tianshan and Its Neighboring Areas, Northwestern China. *Northwestern Geology*, 41(4): 1—68 (in Chinese with English abstract).
- Xiao, G. W., 2009. The Characteristics of the Permian Volcanic Rock and Temporal-Spatial Distribution in the Tazhong Region, Xinjiang (Dissertation). Chengdu University of Technology, Chengdu (in Chinese with English abstract).
- Xiao, X. C., Tang, Y. Q., Li, J. T., et al., 1991. Tectonic Evolution of the Southern Margin in Ancient Asian Composite Megasuture. Beijing Science and Technology Press, Beijing, 4(2): 1—29 (in Chinese).
- Xie, X. A., Wu, Q. Z., Lu, H. F., et al., 1997. Tectonic Framework and Sedimentary Feature of the Tarim Basin in Paleozoic. *Acta Sedimentologica Sinica*, (1): 153—156 (in Chinese with English abstract).
- Xu, B., Jian, P., Zheng, H., et al., 2005. 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. *Precambrian Research*, 136: 107—123.
- Xu, B., Xiao, S. H., Zou, H. B., et al., 2009. SHRIMP Zircon U-Pb Age Constraints on Neoproterozoic Quruqtagh Diamictites in NW China. *Precambrian Research*, 168: 247—258.
- Xu, J., 2010. Analysis of Sedimentary Facies and Stratigraphic Correlation of Permo-Carboniferous in Tarim Platform Area (Dissertation). Northwest University, Xi'an (in Chinese with English abstract).
- Xu, X. H., 2002. The Significance of the Analysis of Tarim Paleozoic Prototype Basins in Oil and Gas Exploration. *Oil & Gas Geology*, 23(3): 224—228 (in Chinese with English abstract).
- Xu, X. S., Wang, Z. J., Wan, F., et al., 2005. Tectonic Paleogeographic Evolution and Source Rocks of the Early Paleozoic in the Tarim Basin. *Earth Science Frontiers*, 12(3): 49—57 (in Chinese with English abstract).
- Yang, K. M., 1994. The Formation and Evolution of the Western Kunlun Continental Margin. *Geological Review*, 40(1): 9—18 (in Chinese with English abstract).
- Yang, K. S., 1994. A Way to Find Oil in Tarim Basin by Structural Analysis of China Sedimentary Basins. *Experimental Petroleum Geology*, 16(3): 243—249 (in Chinese with English abstract).
- Yang, K. S., 2005. Tectonic Evolution of the Tarim Basin. *Marine Geology Letters*, 21(2): 25—29 (in Chinese with English abstract).
- Yang, R. D., Zhang, C. L., Luo, X. R., et al., 2006. Geochemical Characteristics of Early Cambrian Cherts in Quruqtagh, Xinjiang, West China. *Acta Geologica Sinica*, 80(4): 598—605 (in Chinese with English abstract).
- Yang, R. D., Zhang, C. L., Song, G. Q., et al., 2005. Vermicular Fossils in the Early Cambrian Xidashan Formation in the Quruqtagh Region of Xinjiang, China. *Progress in Natural Science*, 16(12): 1523—1527 (in Chinese with English abstract).
- Yu, X., Chen, H. L., Yang, S. F., et al., 2010. Distribution Characters of Permian Basalts and Their Geological Significance in the Kalpin Area, Xinjiang. *Journal of Stratigraphy*, 34(2): 127—134 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, C., Zheng, D. M., Li, J. H., et al., 2001. Attribute of Pa-

- leozoic Structures and Its Evolution Characteristics in Keping Fault-Uplift. *Oil & Gas Geology*, 22(4): 314—318 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, C. L., Zhou, G., Wang, H. Y., et al., 2010. A Review on Two Types of Mantle Domains of the Permian Large Igneous Province in Tarim and the Western Section of Central Asian Orogenic Belt. *Geological Bulletin of China*, 29(6): 779—794 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, G. Y., Zhao, W. Z., Wang, H. J., et al., 2007. Multicycle Tectonic Evolution and Composite Petroleum Systems in the Tarim Basin. *Oil & Gas Geology*, 28(5): 653—663 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, J. Y., 2008. The Sedimentary Basin Evolution and Tectonic Significance of Northwestern Margin in the Tarim Basin during the Early-Middle Permian Epoch (Dissertation). Northwest University, Xi'an (in Chinese with English abstract).
- Zhang, K., 1990. On the Basin Type, Evolution Feature and Petroleum Potential of Tarim Basin. *Oil & Gas Geology*, (1): 1—15 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, L. C., Wu, N. Y., 1985. The Geotectonic and Its Evolution of Tianshan. *Xinjiang Geology*, 3(3): 1—14 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, Y., Sun, X. M., 2010.<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar Dating on the Late Devonian Volcanic Rocks from Kuruktag and Its Implication for Regional Geology, Xinjiang. *Acta Petrologica Sinica*, 26(1): 302—308 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, Z. C., Dong, S. Y., Huang, H., et al., 2009. Geology and Geochemistry of the Permian Intermediate-Acid Intrusions in the Southwestern Tianshan, Xinjiang, China: Implications for Petrogenesis and Tectonics. *Geological Bulletin of China*, 28(12): 1828—1839 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, Z. M., Wu, S. Z., Gao, Z. J., et al., 1983. Research of Sedimentary Model from Late Carboniferous to Early Permian Epoch in Kalpin Region, Xinjiang. *Xinjiang Geology*, 1(1): 9—20 (in Chinese with English abstract).
- Zhou, S. Y., 2000. Palaeogeography of the Carboniferous in Xinjiang. *Xinjiang Geology*, 18(4): 324—329 (in Chinese with English abstract).
- Zhou, X. B., Li, J. H., Fu, C. J., et al., 2012. A Discussion on the Cryogenian-Cambrian Tectonic-Sedimentary Event and Tectonic Setting of Northern Tarim Basin. *Geology in China*, 39(4): 901—911 (in Chinese with English abstract).
- Zhu, C. Q., Yang, S. J., Li, T. B., et al., 2008. Geophysical Characters of Major Faults in the Tarim Basin and the Relationship with Earthquakes. *Progress in Geophysics*, 23(6): 1685—1691.
- Zhu, Z. X., Wang, K. Z., Zheng, Y. J., et al., 2006. Zircon SHRIMP Dating of Silurian and Devonian Granitic Intrusions in the Southern Yili Block, Xinjiang and Preliminary Discussion on Their Tectonic Setting. *Acta Petrologica Sinica*, 22(5): 1193—1200 (in Chinese with English abstract).
- Zong, W. M., Gao, L. Z., Ding, X. Z., et al., 2010. Characteristics of Nanhuan Diamictites (Tillite) and Stratigraphic Correlation in the Southwestern Margin of Tarim Basin. *Geology in China*, 37(4): 1183—1190 (in Chinese with English abstract).

#### 附中文参考文献

- 蔡东升, 卢华复, 贾东, 等, 1995. 南天山古生代板块构造演化. *地质评论*, 41(5): 432—443.
- 蔡天赐, 孙巧缙, 廖长泉, 等, 1999. 新疆维吾尔自治区岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社.
- 蔡志慧, 许志琴, 唐哲民, 等, 2011. 塔里木盆地东北缘库鲁克塔格地区的早古生代地壳变形以及造山时限. *中国地质*, 38(4): 855—867.
- 曹守连, 陈发景, 1994. 塔里木板块北缘前陆盆地的构造演化及其与油气的关系. *地球科学——中国地质大学学报*, 19(4): 482—492.
- 陈汉林, 杨树峰, 董传万, 等, 1997. 塔里木盆地二叠纪基性岩带的确定及大地构造意义. *地球化学*, 26(6): 77—87.
- 陈汉林, 杨树峰, 王清华, 等, 2006. 塔里木盆地早—中二叠世玄武质岩浆作用的沉积响应. *中国地质*, 33(3): 545—552.
- 程日辉, 王璞珺, 刘万洙, 等, 2006. 库鲁克塔格地区寒武系层序地层与发育模式. *新疆地质*, 24(4): 353—360.
- 成守德, 王广瑞, 杨树德, 等, 1986. 新疆古板块构造. *新疆地质*, 4(2): 1—26.
- 丁道桂, 王道轩, 刘伟新, 等, 1996. 西昆仑造山带与盆地. 北京: 地质出版社.
- 丁文龙, 林畅松, 漆立新, 等, 2008. 塔里木盆地巴楚隆起构造格架及形成演化. *地学前缘*, 15(2): 242—252.
- 段吉业, 夏德馨, 安素兰, 等, 2005. 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. *地质学报*, 79(1): 7—16.
- 冯增昭, 鲍志东, 吴茂炳, 等, 2006. 塔里木地区寒武纪岩相古地理. *古地理学报*, 8(4): 427—439.
- 高俊, 1993. 西南天山板块构造及造山运动动力学 (学位论文). 北京: 中国地质科学院.
- 高俊, 龙灵利, 钱青, 等, 2006. 南天山: 晚古生代还是三叠纪

- 碰撞造山带? 岩石学报, 22(5):1049—1061.
- 高敏, 2012. 塔里木盆地西南坳陷西段构造几何学和运动学特征(博士学位论文). 北京: 中国地质大学.
- 郭峰, 郭岭, 2011. 柯坪地区肖尔布拉克寒武系层序及沉积演化. 地层学杂志, 35(1):164—171.
- 韩玉玲, 2000. 新疆二叠纪古地理. 新疆地质, 18(4):330—334.
- 郝杰, 刘小汉, 1993. 南天山蛇绿混杂岩形成时代及大地构造意义. 地质科学, 28(1):93—95.
- 何登发, 贾承造, 李德生, 等, 2005. 塔里木多旋回叠合盆地的形成与演化. 石油与天然气地质, 26(1):64—77.
- 何登发, 周新源, 张朝军, 等, 2007. 塔里木地区奥陶纪原型盆地类型及其演化. 科学通报, 52(S1):126—135.
- 何金有, 徐备, 孟祥英, 等, 2007. 新疆库鲁克塔格地区新元古代层序地层学研究及对比. 岩石学报, 23(7):1645—1654.
- 贾承造, 等, 2004a. 塔里木盆地板块构造与大陆动力学. 北京: 石油工业出版社.
- 贾承造, 等, 2004b. 塔里木盆地及周边地层(上册)各纪地层总结. 北京: 科学出版社.
- 贾晓亮, 郭瑞清, 柴凤梅, 等, 2013. 新疆库鲁克塔格西段泥盆纪二长花岗岩年龄、地球化学特征及其构造意义. 地质通报, 32(2—3):239—250.
- 姜春发, 1997. 塔里木地台开合构造简述. 新疆地质, 15(3):193—202.
- 姜常义, 白开寅, 黑爱芝, 等, 2000. 库鲁克塔格地区火山岩的岩浆过程与源区组成. 岩石矿物学杂志, 19(1):8—18.
- 姜常义, 穆艳梅, 赵晓宁, 等, 2001. 塔里木板块北缘活动陆缘型侵入岩带的岩石学与地球化学. 中国区域地质, 20(2):158—163.
- 金之钧, 张一伟, 陈书评, 2005. 塔里木盆地构造—沉积波动过程. 中国科学(D辑), 35(6):530—539.
- 李建兵, 2010. 新疆西南天山晚古生代沉积盆地及大地构造演化(学位论文). 成都: 成都理工大学.
- 李京昌, 金之钧, 刘国臣, 1998. 论塔里木盆地构造反转的周期性. 石油大学学报(自然科学版), 22(3):11—14.
- 李俊飞, 方伟, 孔维韬, 等, 2012. 塔里木盆地古生界沉积相演化. 能源与节能, (9):111—112.
- 李勇, 苏文, 孔屏, 等, 2007. 塔里木盆地塔中—巴楚地区早二叠世岩浆岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄. 岩石学报, 23(5):1097—1107.
- 梁云海, 李文铅, 2000. 南天山古生代开合带特征及其讨论. 新疆地质, 18(3):220—228.
- 刘金坤, 李万茂, 1991. 塔里木盆地北部玄武岩岩石学特征及其时代归属. 中国塔里木盆地北部油气地质研究(第一辑):地层沉积. 武汉: 中国地质大学出版社, 194—201.
- 刘生国, 胡望水, 刘泽锋, 等, 2001. 塔里木盆地前震旦—石炭纪构造与地层组合特征. 西安科技学院学报, 21(2):136—139.
- 刘训, Graham, S., Chang, E., 等, 1994. 塔里木板块周缘晚古生代以来的构造演化. 地球科学——中国地质大学学报, 19(6):715—725.
- 刘志宏, 卢华复, 李西建, 等, 2000. 库车再生前陆盆地的构造演化. 地质科学, 35(4):482—492.
- 陆松年, 高振家, 1990. 新疆阿克苏地区晚元古代碎屑流和冰川沉积特征的对比. 中国地质科学院 562 综合大队集刊, 1—16.
- 罗金海, 车自成, 张国锋, 等, 2012. 塔里木盆地西北缘与南天山早—中二叠世盆山耦合特征. 岩石学报, 28(8):2506—2514.
- 马明侠, 陈新军, 张学恒, 等, 2006. 塔里木盆地塔中地区寒武—奥陶系沉积特征及构造控制. 石油实验地质, 28(6):549—553.
- 潘桂棠, 肖庆辉, 陆松年, 等, 2009. 中国大地构造单元划分. 中国地质, 36(1):1—28.
- 彭洪超, 张振生, 刘社平, 2006. 塔里木盆地古生代盆地类型及板块运动特征. 石油地球物理勘探, 41(6):711—718.
- 蒲仁海, 党晓红, 许璟, 等, 2011. 塔里木盆地二叠系划分对比与火山岩分布. 岩石学报, 27(1):166—180.
- 舒良树, 王博, 朱文斌, 2007. 南天山蛇绿混杂岩中放射虫化石的时代及其构造意义. 地质学报, 81(9):1161—1168.
- 舒良树, 朱文斌, 王博, 等, 2013. 新疆古块体的形成与演化. 中国地质, 40(1):43—60.
- 汤良杰, 1994. 塔里木盆地构造演化与构造样式. 地球科学——中国地质大学学报, (6):742—754.
- 汤良杰, 邱海峻, 云露, 等, 2012. 塔里木盆地北缘—南天山造山带盆—山耦合和构造转换. 地学前缘, 19(5):195—204.
- 汤良杰, 张一伟, 金之韵, 等, 2004. 塔里木盆地、柴达木盆地的开合旋回. 地质通报, 23(3):254—260.
- 田作基, 胡见义, 宋建国, 等, 2000. 塔里木库车前陆盆地构造格架和含油气系统. 新疆石油地质, 21(5):379—383.
- 汪新文, 陈发景, 1997. 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. 现代地质, (3):54—62.
- 王爱国, 张传林, 赵宇, 等, 2004. 塔里木西南缘南华系下部沉积作用及其构造意义. 地层学杂志, 28(3):248—256.
- 王宝瑜, 2000. 新疆志留纪古地理. 新疆地质, 18(4):315—318.
- 王超, 2006. 西南天山巴雷公铁镁—超镁铁质岩石地球化学、年代学及其地质意义(学位论文). 西安: 西北大学.
- 王超, 刘良, 车自成, 等, 2009. 塔里木南缘铁克里克构造带东段前寒武纪地层时代的新限定和新元古代地壳再造: 锆石定年和 Hf. 地质学报, 83(11):1647—1656.
- 王飞宇, 杜治利, 张宝民, 等, 2008. 柯坪剖面中上奥陶统萨尔干组黑色页岩地球化学特征. 新疆石油地质, 29(6):687—689.
- 王庆明, 2000. 新疆泥盆纪古地理. 新疆地质, 18(4):319—323.



- 王宇,何金有,卫巍,等,2010.新疆阿克苏地区新元古代晚期地层沉积相及层序地层研究.岩石学报,26(8):2519-2528.
- 王子煜,漆家福,王立武,等,2001.塔里木盆地与相邻褶皱带的区域构造演化.长春科技大学学报,31(4):323-327.
- 邬光辉,李浩武,徐彦龙,等,2012.塔里木克拉通基底古隆起构造—热事件及其结构与演化.岩石学报,28(8):2435-2452.
- 邬光辉,张宝收,郭春利,等,2009.塔里木盆地北部志留系碎屑锆石测年及其地质意义.大地构造与成矿学,33(3):418-426.
- 伍致中,刘东海,1996.塔里木盆地西南坳陷的形成演化.新疆石油地质,17(3):211-218.
- 夏林圻,夏祖春,徐学义,等,2008.天山及邻区石炭纪—早二叠世裂谷火山岩岩石成因.西北地质,41(4):1-68.
- 肖光武,2009.新疆塔中二叠纪火山岩及时空分布特征(学位论文).成都:成都理工大学.
- 肖序常,汤耀庆,李锦轶,等,1991.古中亚复合巨型缝合带南缘构造演化.北京:北京科学技术出版社,4(2):1-29.
- 谢晓安,吴奇之,卢华复,等,1997.塔里木盆地古生代构造格架与沉积特征.沉积学报,(1):153-156.
- 许璟,2010.塔里木盆地台盆区石炭—二叠纪地层对比与沉积相研究(学位论文).西安:西北大学.
- 徐旭辉,2002.塔里木古生代原型盆地分析的油气勘探意义.石油与天然气地质,23(3):224-228.
- 许效松,汪正江,万方,等,2005.塔里木盆地早古生代构造古地理演化与烃源岩.地学前缘,12(3):49-57.
- 杨克明,1994.论西昆仑大陆边缘构造演化及塔里木西南盆地类型.地质论评,40(1):9-18.
- 杨克绳,1994.从中国沉积盆地的结构看塔里木盆地找油方向.石油实验地质,16(3):243-249.
- 杨克绳,2005.塔里木盆地的构造演化.海洋地质动态,21(2):25-29.
- 杨瑞东,张传林,罗新荣,等,2006.新疆库鲁克塔格地区早寒武世硅质岩地球化学特征及其意义.地质学报,80(4):598-605.
- 杨瑞东,张传林,宋国奇,等,2005.新疆库鲁克塔格地区早寒武世西大山组蠕虫状化石.自然科学进展,16(12):1523-1527.
- 余星,陈汉林,杨树峰,等,2010.新疆柯坪二叠纪层状玄武岩的发育特征及其地质意义.地层学杂志,34(2):127-134.
- 张臣,郑多明,李江海,2001.柯坪断隆古生代的构造属性及其演化特征.石油与天然气地质,22(4):314-318.
- 张传林,周刚,王洪燕,等,2010.塔里木和中亚造山带西段二叠纪大火成岩省的两类地幔源区.地质通报,29(6):779-794.
- 张光亚,赵文智,王红军,等,2007.塔里木盆地多旋回构造演化与复合含油气系统.石油与天然气地质,28(5):653-663.
- 张敬艺,2008.塔里木盆地西北缘早—中二叠世沉积盆地演化及其区域构造意义(学位论文).西安:西北大学.
- 张恺,1990.论塔里木盆地类型、演化特征及含油气远景评价.石油与天然气地质,(1):1-15.
- 张良臣,吴乃元,1985.天山地质构造及演化史.新疆地质,3(3):1-14.
- 张艳,孙晓猛,2010.新疆库鲁克塔格地区晚泥盆世火山岩 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学及其地质意义.岩石学报,26(1):302-308.
- 张招崇,董书云,黄河,等,2009.西南天山二叠纪中酸性侵入岩的地质学和地球化学:岩石成因和构造背景.地质通报,28(12):1828-1839.
- 张致民,吴绍祖,高振家,等,1983.新疆柯坪一带晚石炭世—早二叠世沉积模式探讨.新疆地质,1(1):9-20.
- 周守云,2000.新疆石炭纪古地理.新疆地质,18(4):324-329.
- 周肖贝,李江海,傅臣建,等,2012.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.中国地质,39(4):901-911.
- 朱传庆,杨书江,李同彬,等,2008.塔里木盆地主要断裂的地球物理特征及与天然地震的关系.地球物理学进展,23(6):1685-1691.
- 朱志新,王克卓,郑玉洁,等,2006.新疆伊犁地块南缘志留纪和泥盆纪花岗质侵入体锆石 SHRIMP 定年及其形成时构造背景的初步探讨.岩石学报,22(5):1193-1200.
- 宗文明,高林志,丁孝忠,等,2010.塔里木盆地西南缘南华纪冰碛岩特征与地层对比.中国地质,37(4):1183-1190.