

文章编号: 1009-3850(2003)03-0081-06

从岩石组合特征分析库-满坳拉谷的发育史

张同钢¹, 储雪蕾¹, 郭建平², 向 赞³

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029; 2. 中国地质大学, 北京 100083;
3. 大港油田公司 勘探开发研究中心, 天津 300270)

摘要: 由于地幔柱的作用, 新元古代晚期至古生代早期在塔里木板块东北部曾发育一个坳拉谷, 称之为库-满坳拉谷。在库鲁克塔格和满加尔凹陷地区, 从早震旦世到奥陶纪发育中酸性和基性双峰火山岩建造、深水碳酸盐岩和复理石沉积体系, 具坳拉谷盆地沉积特征; 志留系—石炭系具有坳陷盆地沉积特征; 上石炭统一二叠系缺失; 中生代发育陆相沉积体系, 标志着强烈造山运动盆地隆起消亡。这些地层层序构成了典型的坳拉谷盆地沉积体系, 完整地记录了库-满坳拉谷从产生至消亡的构造发育史。

关键词: 地幔柱; 岩石层序; 坳拉谷; 沉积体系; 塔里木

中图分类号: P534

文献标识码: A

1 引言

在新元古代时期, 由于超级地幔柱的作用, 超大陆发生了裂解和重组, 并由此引发了全球性的冰川作用, 一些学者称之为雪球事件 (snow ball Earth)^[1]。因此, 新元古代超大陆和超级地幔柱近来成为国际地质学界研究的热点^[2]。坳拉谷 (aulacogen) 也称为坳拉槽, 是指古大陆在地幔柱作用下发生裂解产生三叉裂谷系, 其中两支裂谷继续扩张, 洋壳增生, 向大洋演化, 另一支裂谷伸入克拉通内部逐渐停止发育称为坳拉谷^[3]。中、新元古代在中国华北板块和塔里木板块周缘广泛发育坳拉谷^[4], 如冀辽坳拉谷、豫陕坳拉谷、贺兰坳拉谷、浙西坳拉谷、燕山汛河坳拉谷、白云鄂博-化德坳拉谷等。

从早震旦世 (约800Ma) 开始, 由于地幔柱的作用, 古大陆发生裂解产生三叉裂谷系, 在塔里木板块的满加尔凹陷和库鲁克塔格地区发育一个坳拉谷, 称之为库-满坳拉谷^[5]。构造运动控制沉积体系类

型, 未受变质作用影响, 岩石层序又可以反映构造发育史。

通过对库鲁克塔格地区震旦系和古生界露头剖面 and 满加尔凹陷钻井地层的连续分析, 认为库鲁克塔格地区和满加尔凹陷震旦纪和古生代各层系的岩石组合具有典型的构造沉积旋回, 象地层史书一样完整地记录了库-满坳拉谷从发生到扩张至消亡的发展过程。并且, 在坳拉谷内和周边的岩石建造具有明显的相变, 坳拉谷范围外的浅海台地相沉积体系围绕坳拉谷深水盆地相沉积建造呈半环带形分布, 清晰地勾划出了当初坳拉谷的发育规模和展布方向。由于坳拉谷的发展过程与地幔柱活动和古陆的裂解关系密切, 这些坳拉谷的广泛发育是超级地幔柱作用引起超大陆发生裂解的有力证据, 因此对坳拉谷的发育及其规模的分析不仅对于矿产资源探查具有重要的意义^[6, 7], 而且对新元古代超级地幔柱和超大陆的研究具有重要的意义。

2 研究区岩石建造特征

收稿日期: 2003-03-01

第一作者简介: 张同钢, 1974年生, 博士研究生, 研究方向为沉积学和地球化学。

资助项目: 国家自然科学基金 (49973008) 和“九五”国家重点科技攻关项目 (99-111-01-02)

根据野外露头、钻井和地震资料揭示的地层层序特点,塔里木盆地库-满坳拉谷内外岩石层序存在显著的不同,在坳拉谷内发育典型的裂谷盆地岩石建造,在坳拉谷范围之外则发育稳定克拉通碳酸盐岩台地相沉积体系。库鲁克塔格和满加尔凹陷地区属于一个地层分区,岩性岩相具有相似的特征,因此本文把这两个地层合在一起讨论。下面将分别对坳拉谷内外从震旦纪至古生代的地层层序予以介绍。

2.1 库-满坳拉谷内

震旦系是塔里木盆地结晶基底之上的第一套沉积盖层,库鲁克塔格地区震旦系出露完整,上、下震旦统发育完全(图1)^[8]。震旦系主要由中酸性火山岩、基性火山岩、冰碛岩和浅海相碎屑岩为主夹少量碳酸盐岩组成。其中,下震旦统的中酸性火山岩厚度巨大,可达1600余米,在区内分布非常广泛^[9];上震旦统扎摩克提组发育玄武岩和中基性集块岩。震旦系中冰碛岩非常发育,可分为3个冰碛层。Hoffman等^[1,10]认为,Rodinia超大陆的裂解是新元古代全球冰川作用——雪球事件的诱发因素,冰碛岩也常常分布在超大陆裂解产生的裂谷地区。满加尔凹陷地区震旦系埋藏深度大,现有的探井未钻愈过,在地层分区上和库鲁克塔格地区属于一个分区^[8,9],因此推测区内岩性岩相可能和库鲁克塔格地区相似。综上所述,塔里木盆地库鲁克塔格和满加尔凹陷地区震旦系火山岩建造和冰碛岩特别发育,具原始裂谷盆地的岩石建造特征。

库鲁克塔格地区寒武系出露齐全(图1)。下寒武统主要由超基性橄榄岩和基性的辉绿岩、辉长岩侵入体和拉斑玄武岩和深海放射虫硅质岩、泥晶灰岩组成一套复杂岩系。中寒武统岩性以泥晶灰岩为主,夹少量粉砂质页岩和粉砂岩,其中灰岩中含有圆饼状菱铁矿结核,灰岩纹层绕结核而过,表明结核为同沉积结核;灰岩纹层发育,页岩页理发育,为深海-半深海相沉积。上寒武统岩性主要为瘤状灰岩和泥质条带灰岩,灰岩中含三叶虫和腕足类化石,夹少量页岩和粉砂岩,水能量较低,为较深水的开阔陆棚相。满加尔凹陷地区寒武系埋藏深度大,区内所有探井均未钻愈过。塔东低凸起上的塔东1井穿过了寒武系。下寒武统为半深海相—斜坡相的黑色页岩、硅质泥岩和泥灰岩;中上寒武统主要为陆棚相的泥晶灰岩、瘤状灰岩和泥质条带灰岩。经综合分析,库-满坳拉谷内寒武系底部广泛发育基性-超基性火山岩、侵入岩序列及深海半深海沉积岩建造,中、上部为一套深水碳酸盐岩沉积建造,具深水裂谷盆地

沉积特征。

库鲁克塔格地区奥陶系出露完整齐全,底部与下伏寒武系整合接触(图1)。下奥陶统岩石以灰黑色页岩硅质岩和粉砂岩为主,页岩普遍含笔石化石,硅质岩纹层发育,为深水盆地相沉积。中奥陶统主要为砂页组成韵律层,具典型的反映浊流成因的鲍玛层序“ABCDE”、“BCDE”、“CDE”序列,层面可见槽模、沟模和锥模等底模构造及深水遗迹化石,层内可见递变层理和平行层理。砂岩颗粒分选差、磨圆度低,杂基含量高,基质支撑,钙质胶结,结构成熟度低和成份成熟度都较低,具有典型的浊积岩沉积特征。岩石层面层理清楚,层厚稳定。据此分析,中奥陶统为深水盆地复理石相。上奥陶统主要由粉砂岩和泥页岩组成韵律层,砂岩粒度较细,具有鲍马层序的“CDE”序列,为远端复理石相。满加尔凹陷地区有多口探井钻愈奥陶系,其岩石特征与库鲁克塔格地区奥陶系相似,具有复理石相沉积特征,只是砂岩粒度略细。海底平原复理石相具有单向水流特征,物来自盆地长轴一端,库鲁克塔格地区和满加尔凹陷地区奥陶系的岩石岩相特征表明海漫方向由北东至南东,主要物源可能为中天山岛弧。复理石建造是裂谷盆地的典型沉积建造,因此库-满坳拉谷内奥陶系具裂谷盆地建造特征。

研究区志留系在不同区域厚度差别较大。在满加尔凹陷部分探井钻愈志留系。其中维马1井志留系地层发育比较完整,地层厚度巨大,厚达2000余米;岩性主要为灰色、灰绿色中细砂岩、砂砾岩、粉砂岩和泥岩,属滨浅海相的滨岸相和扇三角洲相沉积体系,具坳陷盆地沉积特征。

在塔北地区和塔中地区,石炭系分布比较广泛,在石炭系的东河砂岩中钻遇高产油气流,是塔里木盆地的主力油层。但在库鲁克塔格地区和满加尔凹陷大部分地区则普遍缺失石炭系,只有零星露头。笔者在向阳村和罗布泊北的陷车泉实测到了石炭系剖面,经化石分析和地层对比为下石炭统。罗布泊北部的石炭系剖面出露的比较好,地层厚度较大,达890余米。该剖面下石炭统地层垂向层序上发育滨、浅海清水碳酸盐岩沉积和浑水碎屑岩沉积间互的典型沉积特点。其沉积特征与塔北和库车地区的石炭系非常相似的。由此可见,石炭系陆表海碳酸盐岩沉积在塔里木盆地广为分布,只是后期由于构造运动大部分石炭系被剥蚀。石炭系具典型的稳定克拉通内坳陷盆地沉积特征。

库鲁克塔格和满加尔凹陷地区缺失二叠系



图 1 库鲁克塔格地区震旦-奥陶纪地层和岩相柱状图

1. 冰碛砾岩; 2. 集块岩及凝灰岩; 3. 玄武岩; 4. 砂岩; 5. 粉砂岩; 6. 页岩; 7. 白云岩; 8. 泥晶灰岩; 9. 瘤灰岩; 10. 泥质灰岩

Fig.1 Stratigraphic and lithologic columns through the Sinian-Ordovician strata in the Kuruktag region, Xinjiang

1=morainal conglomerate; 2=agglomerate and tuff; 3=basalt; 4=sandstone; 5=siltstone; 6=shale; 7=dolostone; 8=micritic limestone; 9=nodular limestone; 10=muddy limestone

和三叠系, 侏罗系主要是一套陆相含煤碎屑岩沉积体系。可能从二叠纪开始已受碰撞造山运动的影响, 抬升为古陆, 遭受了广泛的剥蚀作用。

2.2 库-满坳拉谷外

野外露头剖面、钻井地层和地震资料揭示的地层层序显示, 从早寒武世到奥陶纪的浅海台地相碳酸盐岩在塔里木盆地有广泛分布^[11], 在塔西南柯坪-巴楚-库车和库鲁克塔格兴地断裂以北地区、塔中地区和南部的若羌等地区都广泛发育浅海台地相碳酸盐岩, 围绕库-满坳拉谷的裂谷盆地沉积体系呈半环带形分布^[12] (图2)。坳拉谷的边界断层对沉积体系类型起控制作用, 在边界断层两侧岩石岩相出现了显著的相变。

3 库-满坳拉谷演化分析

Hoffman 等^[13] 总结了一个坳拉谷的形成和演化模式: (1)在地幔柱的作用下, 地壳拱起产生初生的三叉分支裂谷系; (2)三叉裂谷系中的两支继续扩张, 出现洋壳向原洋裂谷和窄大洋演化; 另一支裂谷逐渐停止扩张, 称为衰退的一支, 演化为坳拉谷; (3)两支活动的裂谷继续发育演化为完善大洋盆地, 大洋盆地限制了坳拉谷的延伸, 坳拉谷由于逐渐失去

地幔柱的支持, 由初生裂谷转化广泛的坳陷; (4)由于沿深海沟的俯冲作用大洋逐渐闭合, 大洋岩石圈被消减; (5)最终大洋闭合, 大陆碰撞, 造山带发展, 坳拉谷遂处于造山带的前陆部位。坳拉谷的典型的岩石组合序列自下而上为: 铁镁质火山岩建造、深水碳酸盐岩建造、复理石建造和磨拉石建造或陆相红色碎屑岩系^[3]。

构造运动控制沉积作用, 岩石层序组合也能够反映构造运动的发展过程。库鲁克塔格和满加尔地区震旦系岩石层序组合为酸性火山岩、火山碎屑岩、基性火山岩、冰碛岩和海相碎屑岩夹少量碳酸盐岩, 具原始裂谷盆地沉积建造特征, 表明本区在震旦纪为一原始裂谷盆地。本区下寒武统为一套铁镁质侵入和喷出岩和深海硅质岩组合, 中上寒武统为深水碳酸盐岩组合; 奥陶系主要为深海复理石沉积层序组合, 是一套典型的裂陷盆地沉积组合; 志留系为大陆边缘坳陷沉积, 在区内分布十分有限, 由于加里东中期运动, 盆地性质已由奥陶纪的拉张盆地过渡到挤压盆地, 导致盆地抬升, 沉积范围大大缩小^[14]; 石炭系为一套克拉通内坳陷沉积, 表明研究区内已经完全转变为稳定的大地构造环境。研究区内二叠和三叠系大部分缺失, 侏罗系为一套陆相碎屑岩沉积

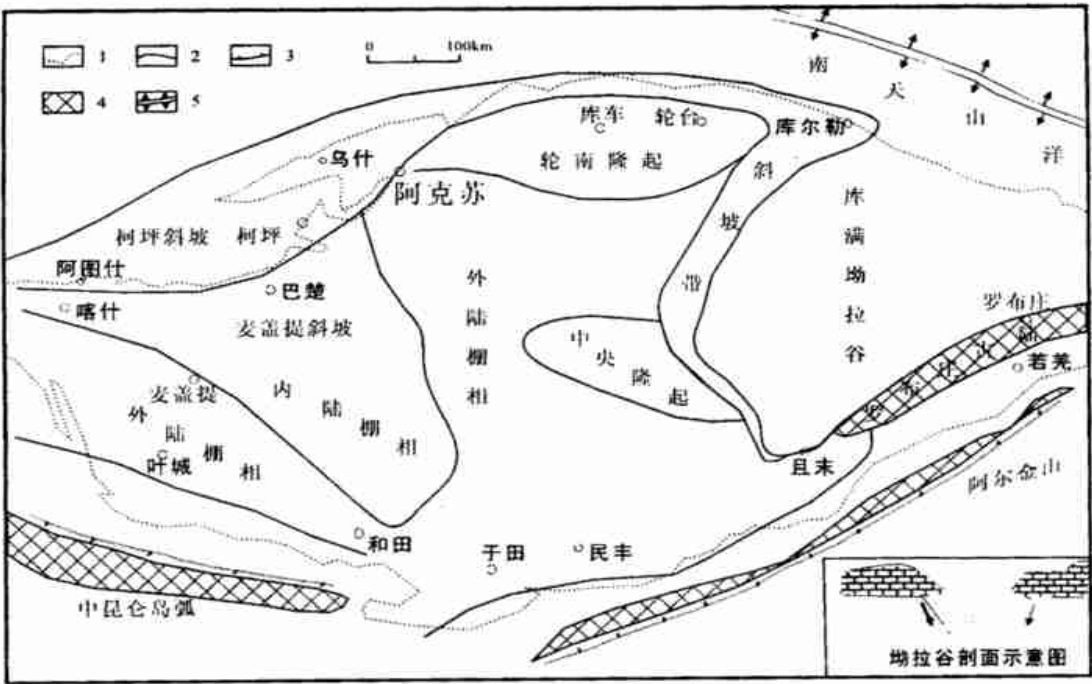


图2 中晚奥陶世塔里木盆地及库-满坳拉谷图

1. 盆地现今边界; 2. 古构造线; 3. 俯冲带; 4. 古陆; 5. 洋中脊

Fig. 2 Schematic diagram of the Tarim Basin and Kuruktag-Manjiar aulacogen

1=present-day basin boundary; 2=paleotectonic line; 3=subduction zone; 4=old land; 5=mid-oceanic ridge

层序。

根据岩石建造特征结合区域构造特点可以看出,从早震旦世开始,由于地幔柱的作用古大陆发生裂解,这与 Rodinia 超大陆裂解大致在同一时期^[1],在塔里木板块和准葛尔地块之间发育三叉裂谷系,以库鲁克塔格地区震旦系和早寒武世发育中酸性和基性及超基性的双峰火山岩系为标志特征,其中东面的两支裂谷后来洋壳增生,逐渐扩张发展为古南天山洋,西面的一支伸入塔里木盆地东北部,洋壳逐渐停止扩张活动,形成库鲁克塔格-满加尔拗拉谷。

库-满拗拉谷的发育史可以分为以下几个阶段(图3):震旦纪为原始裂谷阶段,发育典型的裂谷岩石层序。寒武纪和奥陶纪为裂陷阶段。在早寒武世伸入塔里木板块的一支裂谷进一步裂陷,广泛发育基性铁镁质火山岩建造;从中晚寒武世开始由于逐渐失去拗拉谷下面的地幔柱的支持作用,盆地发生沉降,由初生裂谷转变为广泛的拗陷,中晚寒武世裂谷盆地内发育了一套巨厚深水碳酸盐岩沉积建造。在奥陶纪强烈活动,拗拉谷边缘断层进一步活动,拗拉谷范围达到最大,盆地的水深也达到最深,在拗拉谷内沉积了一套巨厚的砂页岩互的典型沉积组合——深水复理石相岩石组合;在近边界断层处,发育斜坡相碳酸盐滑塌沉积,拗拉谷边界断层外围为碳

酸盐岩台地相,发育了典型的台地相碳酸盐岩建造。志留纪至石炭纪时期,边界断层逐渐停止活动进入拗陷盆地阶段,在拗拉谷范围内沉积厚度巨大,拗拉谷外沉积厚度较小。在三叠纪时期,由于印支期的造山运动影响,窄大洋最终闭合,大陆碰撞,造山带发展,拗拉谷遂处于造山带的前陆部位,随着褶皱冲断带的发育和供给沉积物,拗拉谷进一步增加负荷,并造成最后阶段的变形。

4 小 结

库-满拗拉谷震旦系具有原始裂谷盆地岩石建造特征,寒武-奥陶系具有裂谷盆地沉积建造特征,志留-石炭系具有拗陷盆地沉积特征,缺失二叠-三叠系,侏罗系为一套陆相地层。从震旦纪到奥陶系发育了典型的拗拉谷裂谷沉积体系。拗拉谷内各时代的岩石组合,记录了拗拉谷从开始活动到消亡的构造发育过程。根据岩石层序特征分析,从早震旦世开始,由于地幔柱的作用发育一个三叉裂谷系,其中东面两支逐渐扩张发育为南天山洋,西部的一支裂谷伸入塔里木地内部逐渐演化为废弃裂谷,在震旦纪和奥陶纪裂谷活动强烈,发育中酸性和基性双模式火山岩建造及复理石沉积体系,从志留纪开始停止扩张进入边缘拗陷阶段。在拗拉谷范围外以

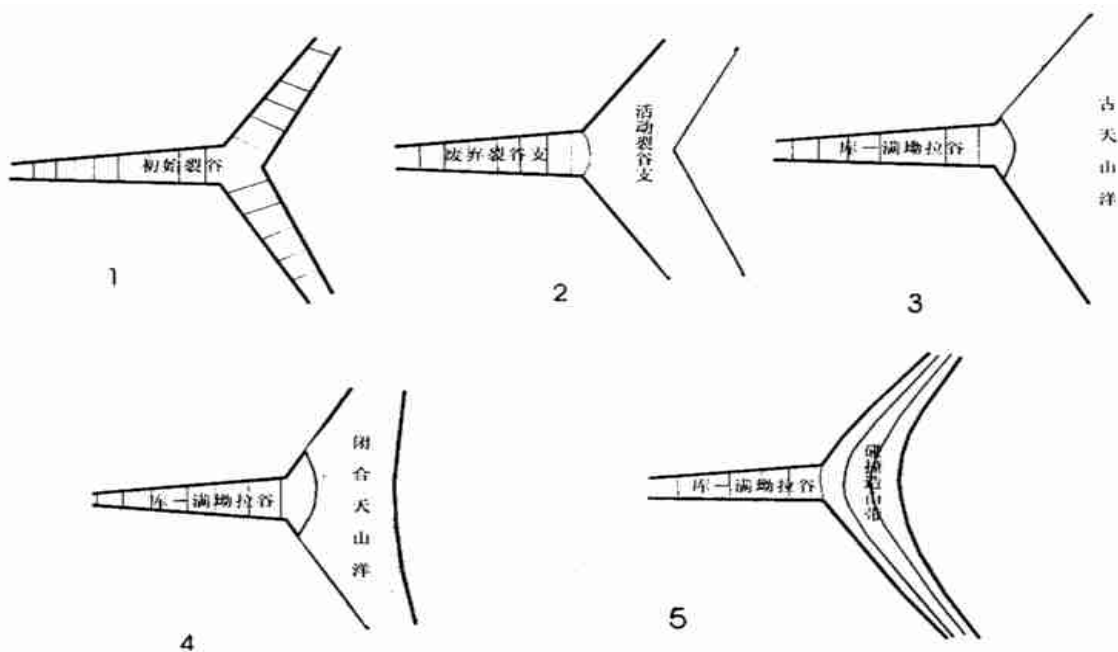


图3 库-满拗拉谷发育史模式图

1. 震旦纪; 2. 寒武纪; 3. 奥陶纪; 4. 志留-石炭纪; 5. 二叠-三叠纪

Fig. 3 Models showing the development of the Kuruktag-Manjiar aulacogen during the Sinian (1), Cambrian (2), Ordovician (3), Silurian-Carboniferous (4) and Permian-Triassic (5)

外,发育典型的浅海碳酸盐岩台地相沉积,围绕坳拉谷深水盆地相沉积呈环形分布,非常清晰地勾划出了坳拉谷原始形态和规模。

致谢:本文曾得到赵澄林教授(已故)的指导。

参考文献:

[1] HOFFMAN P F. The break-up of Rodinia, birth of Gondwana, true polar wander and the snowball Earth [J] . Journal of African Earth Science 1998, 28(1): 17—33.

[2] 陆松年. 新元古时期 Rodinia 超大陆研究进展综述[J] . 地质论评, 1998, 44(5): 489—495.

[3] BURKE K. Aulacogens and continental breakup [J] . Ann Rev. Earth Planet. Sci., 1977, 5: 371—396.

[4] 洪作民. 华北陆台北缘中晚古代坳拉谷[J] . 化工矿产地质, 1997, 19(1): 43—48.

[5] 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.

[6] 赵彻东, 刘肇昌, 李凡友. 会理-金川坳拉槽对铜多金属成矿的控制[J] . 中国区域地质, 1999, 19(3): 215—221.

[7] 王东方, 陈从云, 杨学增. 辽北凡河坳拉谷及其对铅-锌矿的控制作用[J] . 辽宁地质, 1989, (2): 110—120.

[8] 《中国地层典》编委会. 中国地层典·新元古界[M] . 北京: 地质出版社, 1996.

[9] 高振家, 彭昌文, 李永安, 等. 新疆库鲁克塔格震旦系和冰川沉积[A] . 中国震旦亚界[C] . 天津: 天津科学技术出版社, 1980. 186—213.

[10] HOFFMAN P F, SCHRAG D P. The snowball Earth hypothesis: testing the limits of the global changes [J] . Terra Nova 2002. 14(3): 129—155.

[11] 顾家裕. 塔里木盆地沉积层序特征及其演化[M] . 北京: 石油工业出版社, 1997.

[12] 何登发, 李德生. 塔里木盆地构造演化与油气聚集[M] . 北京: 地质出版社, 1996.

[13] HOFFMAN P F, DEWEY J F, BURKE K. Aulacogens and their genetic relation to geosynclines with a Proterozoic example from Greak Slave Lake, Canada [C] . Modern and Ancient Geosynclinal Sedimentation. R. H. Dott Jr and R. H. Shaver. Tulsa: Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Miner., 19, 1974, 38—55.

[14] 汤良杰. 略论塔里木古生代盆地演化[J] . 现代地质, 1997, 11(1): 14—21.

The development of the Kuruktag-Manjiar aulacogen in northeastern Tarim plate based on representative lithofacies sequence analysis

ZHANG Tong-gang¹, CHU Xue-lei¹, GUO Jian-ping², XIANG Zan³

(1. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China; 2. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 3. Dagang Oil Field Corporation, Tianjin 300270, China)

Abstract: The mantle pluming once caused the formation of an aulacogen called the Kuruktag-Manjiar aulacogen in northeastern Tarim plate during the Late Neoproterozoic to Early Palaeozoic. In the Kuruktag-Manjiar zone, the intermediate-acidic and basic bimodal volcanic formations, deep-water carbonate rocks and flysch depositional systems which are typical of rift basin deposits were developed during the the Early Sinian to the Ordovician. Later on the Upper Carboniferous—Permian strata are missing. Till the Mesozoic, the continental depositional systems began to be developed. All these reflect intense orogenic processes, and the uplifting and collapse of the basin cited above. The stratigraphic sequences in the basin are characteristic of typical aulacogen depositional systems, and recorded complete history of tectonic evolution from the initiation to termination of the Kuruktag-Manjiar aulacogen.

Key words: mantle plume; lithologic sequence; aulacogen; depositional system; Tarim