

库鲁克塔格地区寒武系层序地层与发育模式

程日辉,王璞珺,刘万洙,孙晓猛,单玄龙
(吉林大学地球科学学院,吉林 长春 130061)

摘要:新疆塔里木盆地库鲁克塔格断隆区出露的寒武系由一系列半深海-浅海沉积物构成,发育磷酸岩、硅质岩、火山岩、石膏、瘤状灰岩、风暴碳酸盐岩、鲕状灰岩、浊流碳酸盐岩等特殊类型,寒武系可划分为11个三级层序、3个二级层序和2个一级层序,反映出三级不同规模的海平面变化,三级海平面变化控制的层序具有6种发育模式,与特殊的环境和变化相联,二级层序是盆地发育不同构造阶段的产物,盆地发育包括早寒武世裂陷阶段、中寒武世断拗过渡阶段和晚寒武世拗陷阶段,分别控制了二级层序A、B和C的发育和构成,本区寒武纪分别在早寒武世和晚寒武世发生最大海泛,其中晚寒武世的海泛与全球海泛一致,但早寒武世的最大海泛是地方性的。

关键词:库鲁克塔格;寒武纪;层序;海平面;发育模式

新疆塔里木盆地库鲁克塔格断隆区出露的寒武系在沉积序列和沉积环境上具有特色,由磷酸岩、硅质岩、火山岩、石膏、瘤状灰岩、风暴碳酸盐岩、鲕状灰岩和浊流碳酸盐岩等构成的沉积层序类型与发育模式明显不同于已有的模式,这符合不同的古地理背景和构造背景下层序发育的结构样式及其主控因素是极不相同的认识^[1-3]。当前塔里木盆地已成为我国重要的油气产地,寒武系是主要的烃源岩层位。

由于少有钻井揭露该套地层(特别是孔雀河地区),尚没形成盆地内准确的地层-沉积解释框架,影响到有效烃源岩预测。精细的露头层序地层研究可以对盆地内的研究提供借鉴和对比。同时,本区层序地层所反映的海平面变化,具有区域对比意义。

1 层序地层

1.1 岩性和岩相

库鲁克塔格寒武系出露的地点主要为莫合尔山北坡和西沟、南雅尔当山和却尔却克山(图1)^[4],其中莫合尔山剖面发育较齐全,自下而上为下寒武统西山布拉克组和西大山组、

中寒武统莫合尔山组和上寒武统突尔沙克塔格组(图2)。现以莫合尔山剖面为例,说明寒武系的岩性和岩相特征(该剖面为本项研究实测,GPS:N41°24.560';E88°19.912'—N41°23.888';E88°15.675')。

西山布拉克组 西山布拉克组岩性组合自下而上分为4段:西山布拉克组一段下部为紫红色鲕粒磷块岩、黄灰色含黑色鲕粒和灰色豆粒磷块岩、暗紫色钙质胶结砾屑磷块岩(图版-1);中部为黑色细晶

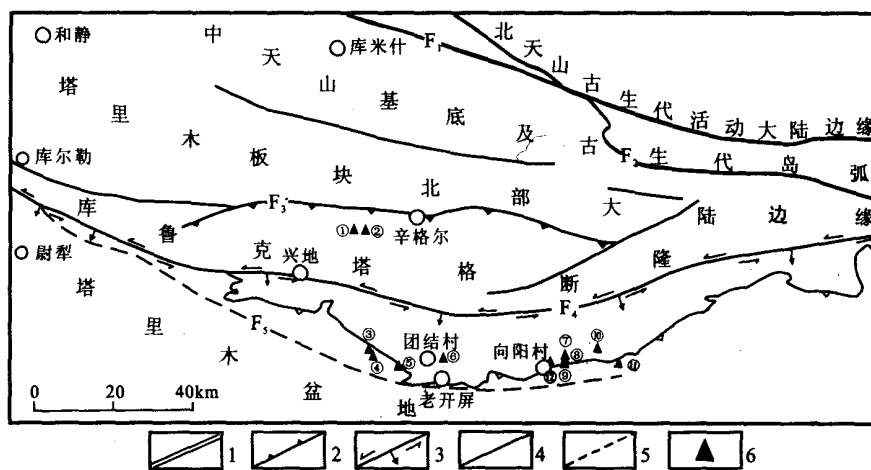


图1 库鲁克塔格地区及邻区大地构造略图

Fig.1 Tectonic map of Kuruktag and its adjacent area

1. 板块拼接带;2. 推覆构造;3. 走滑断层;4. 性质未分断层;5. 推测断层;6. 剖面
F₁——博罗科努-阿齐克库都断裂带;F₂——汗腾格里峰-巴仑台-库米什断裂带;F₃——辛格尔斯裂;F₄——兴地断裂;F₅——孔雀河断裂
——莫合尔山西山沟剖面; ——莫合尔山北坡剖面; ——却尔却克5号剖面; ——却尔却克4号剖面; ——元宝山剖面; ——南雅尔当山剖面; ——阳平里山气象大沟剖面; ——罗布泊青山剖面; ——向阳村剖面

收稿日期:2006-07-23;修订日期:2006-08-28;作者 E-mail: chengrh@jlu.edu.cn

第一作者简介:程日辉(1963-),男,吉林德惠人,教授,1997年获长春科技大学博士学位,从事沉积学和石油地质研究

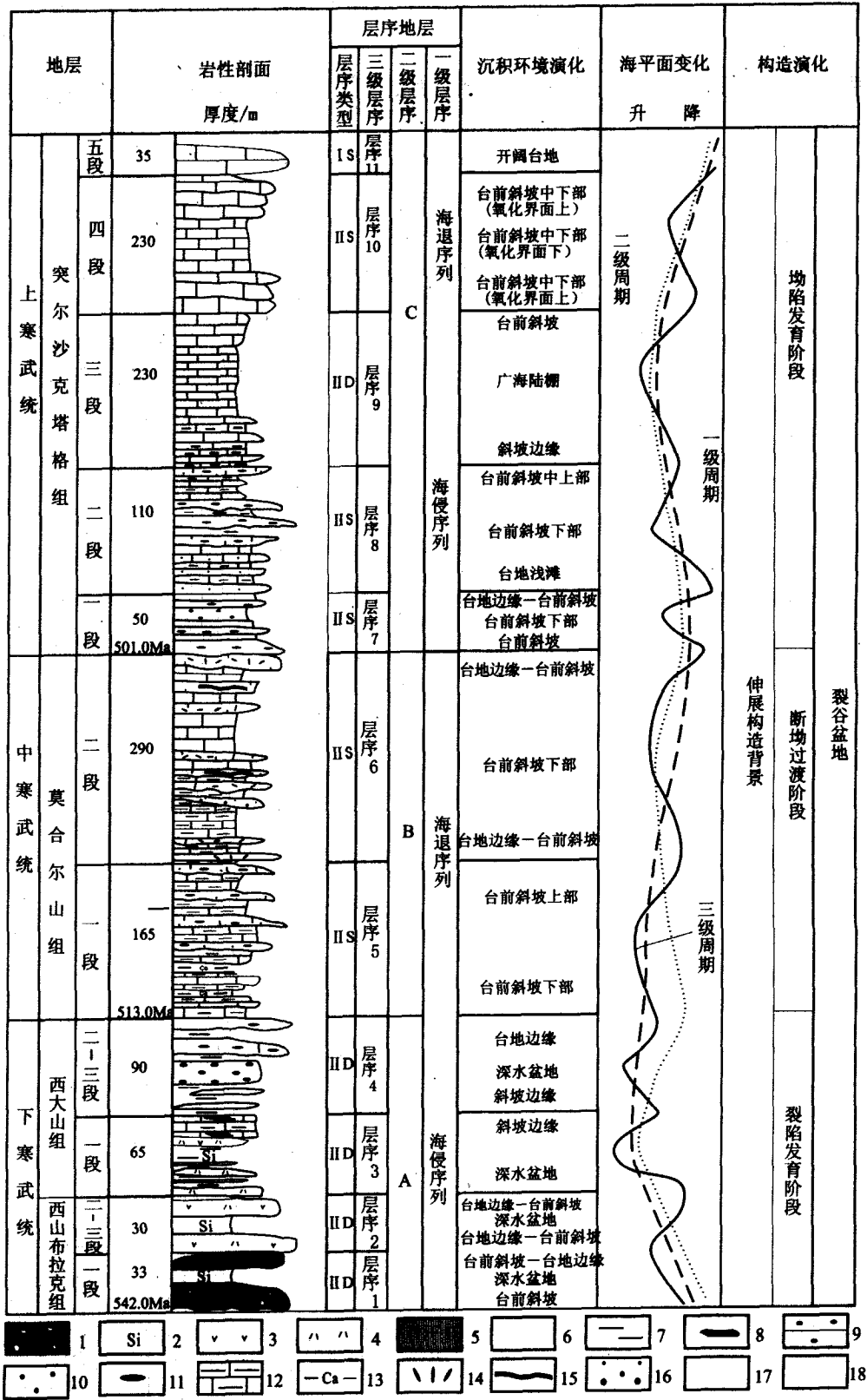


图2 库鲁克塔格寒武系层序地层柱状图(莫合尔山剖面)

Fig.2 Column of sequence stratigraphy of Cambrian in Kuruktag (Moheershan section)

- 1.磷质岩;2.硅质岩;3.熔岩;4.凝灰岩;5.石膏;6.灰岩;7.泥岩;8.燧石条带和结核;9.瘤状灰岩;10.鲕粒灰岩;11.砾屑灰岩;
12.泥质灰岩;13.钙质泥岩;14.倒“小”构造;15.丘状层理;16.粒序层理;17.交错层理;18.水平层理

实测 GPS:N41°24.560'; E88°19.912'-N41°23.888'; E88°15.675'

硅质岩;上部为白云岩化磷块岩、灰色含鲕粒细晶磷块岩。该段厚度约为 33 m。磷酸岩一般形成于陆架边缘浅海环境,而硅质岩形成于半深海-深海环境。鲕粒、豆粒往往形成在台地边缘浅滩,砾屑质沉积堆积在台前斜坡。该段沉积序列为磷酸岩-硅质岩-磷酸岩序列,反映台地边缘-半深海-台地边缘的环境变化。白云岩化磷块岩出现说明存在沉积物水上暴露的现象。

西山布拉格组二段下部为灰色凝灰岩和紫灰色含钙质铁质结核凝灰岩;上部为青灰色含角砾和杏仁体安山岩、暗紫色和青灰色层状安山岩(图版 -2)。该段厚度约 20 m。这套凝灰岩和安山岩序列为喷出-空落相过渡为溢流相的序列。

西山布拉克组三段为黑色中厚层状细晶硅质岩(图版 -3),夹薄层黑色页岩。页岩单层厚 10~20 cm,硅质岩单层厚度 20~25 cm。该段厚度约 10 m。硅质岩的出现代表深水环境再次形成。

西山布拉克组四段为紫红色凝灰岩和凝灰质角砾岩夹灰黑色生物碎屑灰岩,含藻类化石。该段厚度 6 m。火山碎屑岩的充填和生物碎屑灰岩的发育,表明沉积环境逐渐过渡为台地环境。西山布拉克组二—四段火山岩-硅质岩-火山岩和灰岩的序列反映了浅海-半深海-浅海台地的环境变化。

西大山组 西大山组的岩性和岩相组合自下而上分为 3 段:西大山组一段底部为灰黑色水平层理硅质泥岩,下部为暗紫色凝灰岩与灰黑色硅质泥岩互层夹石膏(图版 -4);中部自下而上为凝灰质角砾岩与水平层理泥岩互层、黑色-紫红色中厚层枕状熔岩、凝灰质粉砂岩、凝灰岩与枕状熔岩互层;上部自下而上为灰黑色薄层水平层理灰岩、深灰色水平层理灰岩夹泥岩,灰岩夹燧石条带和结核(图版 -5),含海绵骨针、小壳类化石。该段厚度约 65 m。该段是深水环境形成的,代表产物为硅质泥岩、薄层灰岩夹燧石。凝灰岩与枕状熔岩是火山水下喷发产物。石膏多认为是潮上蒸发环境的产物^[5],但本区的石膏却是深水条件下由火山作用形成高盐度富硫热卤水形成,因为其与深水硅质岩和火山水下喷发的火山岩伴生。硅质泥岩-火山岩-灰岩序列反映了水体逐渐变浅。

西大山组二段下部为灰绿-紫灰色水平层理页岩夹灰岩,上部为紫红色含钙质结核灰质泥岩。该段厚度 30 m。

西大山组三段下部为灰绿色、灰紫色水平层理泥岩。泥岩中发育燧石结核和灰岩透镜体(图版 -6)。灰岩透镜体顺层排列,长轴/短轴为 40/25~10/6。上部为泥岩和灰岩,自下而上为灰黑色与紫红色互层泥

岩、灰黑色-灰色与紫红色互层灰岩和砾屑灰岩。该段厚度约 60 m。西大山组二段下部泥岩夹灰岩是深水环境的产物,灰绿色为原生色(氧化后带有紫色)。向上水体变浅灰质成分增加,成岩过程中灰质进一步富集形成钙质结核。西大山组三段主体为灰岩透镜体和泥岩围岩,是一种深水溶解环境形成的瘤状灰岩^[6]。向上水体变浅,灰岩成层性变好,上部出现的砾屑灰岩代表台地边缘斜坡的浅海环境。

莫合尔山组 莫合尔山组的岩性和岩性组合自下而上分为 2 段:莫一段下部自下而上为深灰色水平层理泥质灰岩与紫灰-红色水平层理泥质灰岩互层(单层厚度 10~60 cm)夹钙质页岩、灰黑色中厚层状水平层理灰岩、灰色泥质灰岩与紫红色泥质灰岩互层、灰黑色灰岩,厚度为 55 m。上部为灰色-深灰色和杂色含鲕粒灰岩与紫红色水平层理泥质灰岩互层(图版 -7),灰色岩层中含生物碎屑,为三叶虫、小壳类、牙形刺等。每个韵律层厚度为 5~20 cm。上部厚度为 110 m。深灰-灰黑色泥质灰岩和灰岩是台前斜坡下部产物,形成于氧化界面之下;而紫灰色-紫红色泥质灰岩形成于氧化界面之上。频繁互层说明水深处于氧化界面附近。鲕粒灰岩代表浅水台地鲕滩环境。含鲕粒生物碎屑灰岩具粒序层理,与紫红色水平层理灰岩互层,因此其为重力流成因,堆积在台前斜坡中部。

莫二段为灰-深灰色砾屑灰岩与水平层理灰岩(图版 -8)。砾屑灰岩在 3 个层位集中发育,为砾屑灰岩与水平层理灰岩互层,构成砾屑灰岩组合。自下而上为第一、第二和第三组合。砾屑灰岩组合间为厚度较大的灰岩和泥灰岩。莫合尔山组二段厚度为 290 m。

第一组合为中厚层状砾屑灰岩夹杂色水平层理泥质灰岩,分上、下 2 部分。下部由灰色、浅灰色砾屑灰岩组成。砾屑呈“竹叶状”,砾屑层底部发育倒“小”构造,砾屑层上部砾屑分布杂乱,顶面为不规则状,其上为波状或水平层理灰岩和泥质灰岩。砾屑层厚 0.5~1.2 m。上部砾屑灰岩的砾屑形态差别大,多为“竹叶状”内碎屑,少数为团粒和藻粒。砾屑层顶面较平整,其上为水平层理灰岩或薄层泥岩。砾屑层厚 0.5~1 m。第二组合为灰-深灰色厚层砾屑灰岩与灰色水平层理泥质灰岩与灰岩互层,分 4 个部分。底部为深灰色正粒序层理砾屑灰岩,厚度 20 cm。砾屑层底部与深灰色中薄层灰岩相接触,发育侵蚀冲刷面。砾屑层顶界面较平直,其上覆深灰色中薄层水平层理灰岩,下部为灰色砾屑灰岩,砾屑颗粒大小悬殊,约 2~20 cm,为“竹叶状”和片状。填隙物颜色为深灰色到灰黑色,与砾屑的灰色不同,而与砾屑层底部的中薄层水平层理灰岩颜色

一致。砾屑层底面发育冲刷面,顶界面较平缓,上覆深灰色中薄层水平层理灰岩。中部为丘状交错层理砾屑灰岩,由多个丘状层理叠加而成,整个层系厚约 35~40 cm。该砾屑灰岩与底部为冲刷接触关系,顶面较为平缓,上覆为灰-深灰色灰岩,上部也为灰色砾屑灰岩,填隙物也为深灰-灰黑色灰岩,与下部的相似。第三组合为灰-深灰色厚层状砾屑灰岩与深灰色薄层水平层理灰岩,分三部分,下部和上部为灰色砾屑灰岩,砾屑呈“竹叶状”。下部砾屑灰岩粒屑有塑性变形及磨圆特征,填隙物较少,底部有冲刷面。上部砾屑灰岩砾屑缺少塑性变形及磨圆,填隙物较多,其底部砾屑呈放射状排列“菊花状”构造。中部为深灰色丘状交错层理灰岩,丘高 10~15 cm,丘长 30~35 cm,底部有冲刷面。

莫二段是一套风暴岩序列,由风暴岩和正常沉积构成,正常沉积反映了风暴岩堆积的背景环境。第一组合下部风暴岩为原地型风暴岩,发育在正常浪基面和风暴浪基面之间的台前斜坡带上。底部倒“小”构造和上部砾屑杂乱分布反映出风暴潮流将沉积物就地冲积、掀起、挤压、破碎直至原地堆积的过程^[6]。上部风暴岩是异地型风暴岩,发育在正常浪基面和风暴浪基面之间的台前斜坡下部。风暴引发的风暴碎屑流将碎屑物带入下部斜坡带堆积而成。第二组合底部风暴岩为近源风暴浊积岩。风暴碎屑流停积后,细组分受海水充分混合形成浊流,向盆地内继续迅速流动,在风暴浪基面以下静水环境中沉积下来^[7]。下部和上部风暴岩为异地型风暴岩,也是由风暴碎屑流搬运至深水中形成的。中部为风暴成因的丘状交错层理砾屑灰岩,发育于风暴浪基面以上。第三组合下部风暴岩为异地型风暴岩,而上部风暴岩为原地型风暴岩,反映在颗粒磨圆上。中部风暴岩为原地型丘状层理砾屑灰岩。

突尔沙克塔格组 突尔沙克塔格组的岩性和岩性组合自下而上分为 5 段:突一段下部为灰色砾屑灰岩夹浅灰色水平层理灰岩(图版 -9);中部为灰色中厚层状灰岩与灰色薄层灰岩、浅灰绿色水平层理灰质泥岩互层,夹瘤状灰岩和粒序层理灰岩(图版 -10,11);上部为正粒序层理砾屑灰岩与水平层理泥质灰岩和小型交错层理灰岩互层,砾屑灰岩单层厚度 50 cm,灰岩中交错层波高 2.5~3 cm,波长 14~16 cm,迎流面长 8~9 cm,背流面长 6~7 cm。该段厚度为 50 m。

该段下部岩性组合是台前斜坡下部环境产物,砾屑灰岩是一种碎屑流事件沉积,水平层理灰岩是事件间歇期的正常沉积。中部岩性组合反映了从台前斜坡下部到深水盆地的过渡环境。瘤状灰岩和粒序层理灰

岩分别代表深水条件的溶解相和浊积相。上部岩性组合在台前斜坡和台地边缘浅滩环境下形成,分别以粒序层理砾屑灰岩和小型交错层理灰岩为代表。

突二段下部为厚层鲕粒灰岩夹中薄层水平层理泥质灰岩;中部为砾屑灰岩与薄层灰岩、泥质灰岩互层,砾屑灰岩杂基支撑,泥质灰岩含燧石条带和燧石结核(图版 -12);上部为灰色薄层灰岩与黄绿色薄层泥质灰岩、灰质泥岩互层,灰岩中发育断续水平层理,水平层理泥岩夹透镜状灰岩。薄层灰岩和泥岩构成韵律,向上泥质减少灰质增加。顶部为含鲕粒砾屑灰岩,杂基支撑,具粒序层理和丘状层理,向上过渡为水平层理。该段厚度为 110 m。该段下部岩性组合是在台地浅滩形成的,鲕粒灰岩是这种动荡环境的代表。中部岩相组合代表了从台前斜坡到深水盆地的环境变化,含燧石条带和结核的泥质灰岩是代表性深水沉积。上部岩性组合代表了从较深水环境向台前斜坡环境的转变,顶部具粒序层理含鲕粒砾屑灰岩和丘状层理的发育,说明已经是台前斜坡的中上部了。

突三段下部为灰色薄层泥质灰岩与灰色水平层理灰岩互层,灰岩中发育垂直虫管;中部为深灰色薄层泥晶灰岩(图版 -13);上部为紫灰色水平层理灰岩。该段厚度 230 m。该段岩性组合为台前斜坡与深水盆地间广海陆棚的产物。下部和中部水较深,位于氧化界面之下,而上部水变浅,位于氧化界面之上。

突四段下部为棕灰色薄层灰岩,发育泥岩脉和断续水平层理;中部为灰色灰岩;上部为暗紫色、紫红色灰岩。该段厚度为 230 m。该段岩性组合也是广海陆棚形成的,其中中部灰岩呈灰色,说明水在加深,可能出现氧化界面之下的环境。

突五段为灰色泥晶灰岩,遭受严重剥蚀,残余厚度约 35 m。该段属于开阔台地静水碳酸盐泥沉积。

1.2 层序与类型

根据莫合尔山剖面寒武系岩性、岩相和沉积环境特点及地层接触关系,划分为 11 个三级层序(图 2)。

层序 1 相当于西山布拉克组一段,以角度不整合与前寒武系接触。层序由陆架边缘体系域、海侵体系域和高水位体系域构成。陆架边缘体系域以形成于陆架边缘的磷酸岩为代表;海侵体系域以形成于深水盆地的硅质岩为代表;高水位体系域也以形成于陆架边缘的磷酸岩为代表。层序 1 是 型深水层序。

层序 2 相当于西山布拉克组二、三段,以平行不整合与层序 1 接触。层序由陆架边缘体系域、海侵体系域和高水位体系域构成。陆架边缘体系域和高水位体系域均为火山碎屑岩和火山熔岩;海侵体系域则以

黑色硅质岩为代表,形成于深水盆地。层序 2 是 型深水层序。

层序 3 相当于西大山组一段,与层序 2 为平行不整合接触。层序由海侵体系域和高水位体系域构成。海侵体系域以硅质泥岩、石膏和凝灰岩为代表,高水位体系域为凝灰岩、枕状熔岩和含燧石条带和结核灰岩。层序 3 是 型深水层序。

层序 4 相当于西大山组二、三段,与层序 3 为整合接触。层序由斜坡边缘体系域、海侵体系域和高水位体系域构成。斜坡边缘体系域发育在陆架斜坡边缘向广海陆棚或深海盆地过渡的区域,与陆架边缘体系域或低水位体系域对应,以页岩和灰岩为代表;海侵体系域以泥岩、燧石结核和瘤状灰岩为代表;高水位体系域以紫红色灰岩和砾屑灰岩为代表。层序 4 是 型深水层序。

层序 5 相当于莫一段,与层序 4 为平行不整合接触。层序由海侵体系域和高水位体系域构成。海侵体系域为形成于台前斜坡下部的泥灰岩和灰岩,高水位体系域以形成在台前斜坡上部的含鲕粒砾屑灰岩为代表。层序 5 是 型浅水层序。

层序 6 相当于莫二段,与层序 5 为平行不整合接触。层序由陆架边缘体系域、海侵体系域和高水位体系域构成。陆架边缘体系域以原地型风暴岩为代表;海侵体系域以异地型风暴岩和丘状层理风暴岩为代表;高水位体系域也以原地型风暴岩为代表。层序 6 是 型浅水层序。

层序 7 相当于突一段,与层序 6 为平行不整合接触。层序由陆架边缘体系域、海侵体系域和高水位体系域构成。陆架边缘体系域以形成在台前斜坡中下部的砾屑灰岩为代表;海侵体系域以深水环境形成的瘤状灰岩和浊积岩为代表;高水位体系域以形成与台前斜坡上部和台地边缘浅滩的砾屑灰岩和小型交错层理灰岩为代表。层序 7 是 型浅水层序。

层序 8 相当于突二段,与层序 7 为整合接触。层序由陆架边缘体系域、海侵体系域和高水位体系域构成。陆架边缘体系域以形成在台地边缘浅滩的鲕粒灰岩为代表;海侵体系域以形成在台前斜坡的砾屑灰岩和深水环境的含燧石条带和结核的泥质灰岩为代表;高水位体系域以形成于台前斜坡的含鲕粒砾屑灰岩和丘状层理灰岩为代表。层序 8 是 型浅水层序。

层序 9 相当于突三段,与层序 8 为平行不整合接触。层序由斜坡边缘体系域、海侵体系域和高水位体系域构成。斜坡边缘体系域为发育在台前斜坡前广海陆棚的薄层灰岩和泥质灰岩;海侵体系域以广海陆棚

的深灰色薄层灰岩为代表;高水位体系域以形成于氧化界面之上的紫红色灰岩为代表。层序 9 是 型深水层序。

层序 10 相当于突四段,与层序 9 为整合接触。层序由陆架边缘体系域、海侵体系域和高水位体系域构成。陆架边缘体系域以形成在台前斜坡中部氧化界面之上的棕灰色薄层灰岩为代表;海侵体系域为氧化界面之下的产物,以灰色灰岩为代表;高水位体系域也以形成于氧化界面之上的紫红色灰岩为代表。层序 10 是 型浅水层序。

层序 11 相当于突五段,形成在开阔台地环境。由于遭受严重的剥蚀,而不能做详细的划分。层序 11 是 型浅水层序。

莫合尔山剖面寒武系发育的 11 个三级层序,构成了 A、B、C 三个二级层序以及下部和上部 2 个一级层序。二级层序 A 由层序 1~层序 4 构成;二级层序 B 由层序 5 和层序 6 构成;二级层序 C 由层序 7~层序 11 构成。一级下部层序由 A 和 B 构成;一级上部层序由 C 构成,每个一级层序由对应的海侵和海退系列构成。

2 海平面变化与层序发育模式

2.1 海平面变化

莫合尔山剖面寒武系层序地层特征反映出库鲁克塔格地区寒武纪各级海平面变化。三级层序对应三级海平面变化,平均 4.9 Ma;二级层序对应二级海平面变化,平均 17.9 Ma;一级层序对应一级海平面变化,平均 26.9 Ma。

二级海平面变化包含有海侵和海退过程。早寒武世的二级海平面变化控制了层序 A 的发育。层序 1、层序 2 和层序 3 是海侵过程形成的;层序 4 是海退过程形成的。此 4 个层序均为 型深水层序,但以层序 3 发育期的水深最大而且范围广,表现在层序 3 缺少陆架边缘体系域沉积。相比而言,层序 4 的发育虽然处于海退过程,水深较大范围也广,因此斜坡边缘海退体系域取代了陆架边缘体系域。中寒武世的二级海平面变化控制了层序 B 的发育。海侵过程控制了层序 5 的形成,海退过程控制了层序 6 的形成。这 2 个层序是 型浅水层序,代表本区盆地变浅,但范围有扩大的趋势,表现在层序 5 缺少陆架边缘体系域。层序 A 和层序 B(即下部层序)反映了更大级别的海平面变化,也就是早—中寒武世的一级海平面变化。

晚寒武世的二级海平面变化控制了层序 C 的发育。层序 7、层序 8 和层序 9 是海侵过程形成的;层序

10和层序11是海退过程形成的,除了层序9是型深水层序,其余均是型和型浅水层序.这期二级海平面变化是本区盆地稍浅但范围广布基础上发生的,最大海泛发生在层序9发育时期,因此斜坡边缘体系域取代了陆架边缘体系域.至层序11发育期层序类型转化为型浅水层序,发育开阔碳酸盐台地,说明大规模海退已经发生.

2.2 层序发育模式

库鲁克塔格地区寒武系层序的内部构成具有鲜明的特色.一些特殊的沉积物及其组合,如磷酸岩、硅质岩、火山岩、石膏、瘤状灰岩、风暴碳酸盐岩、鲕粒灰岩和浊流碳酸盐岩等,因此层序具有特殊的构成和发育模式.根据本区寒武系的11个三级层序的特点,归纳出6种层序发育模式,展示了不同的层序结构.

陆架边缘-深水盆地磷酸岩-硅质岩-磷质岩层序模式A 这个模式以层序1为代表(图3-A).低水位时期在台地边缘的区域内接受了化学沉淀磷质岩和具有鲕粒和豆粒的碎屑磷质岩的沉积,在台地斜坡上堆积了以上述沉积为物源的碎屑磷质岩,形成了陆架边缘体系域.随着海侵的发生,作为深水沉积的硅质岩扩

大至原斜坡中部,台地边缘至斜坡上部仍接受以化学作用为主的磷质沉积.在高水位时期又有大量的碎屑磷质沉积堆积在斜坡上,物源可能为海侵时期形成的化学磷质沉积.在高水位的晚期由于台地边缘浅滩的暴露,有局部蒸发或成化环境,磷酸岩发生了白云岩化.

陆架边缘-深水盆地-硅质岩-火山岩层序模式B 这个模式以层序2为代表(图3-B).低水位时期在陆架边缘的斜坡堆积了火山碎屑岩和熔岩,形成了陆架边缘体系域.随着海侵的发生,深水盆地或区域扩大,形成了分布较广的硅质岩.此时在陆架边缘和斜坡上部也发育火山-沉积碎屑岩.高水位时期又发生了火山岩的大面积进积,堆积在广阔的斜坡上,硅质沉积退积到更深的区域.这个陆架的发育与火山有关.

陆架边缘-斜坡风暴岩层序模式C 这个模式以层序6为代表(图3-C).低水位时期在台地边缘以及斜坡上发育有一系列不同类型的风暴岩.自台地边缘斜坡下部依次发育有原地型风暴岩、异地型风暴岩、丘状层理风暴岩和风暴浊积岩.随着海侵相关的相带朝陆地方向退却,在高水位时期随着沉积物的大量进

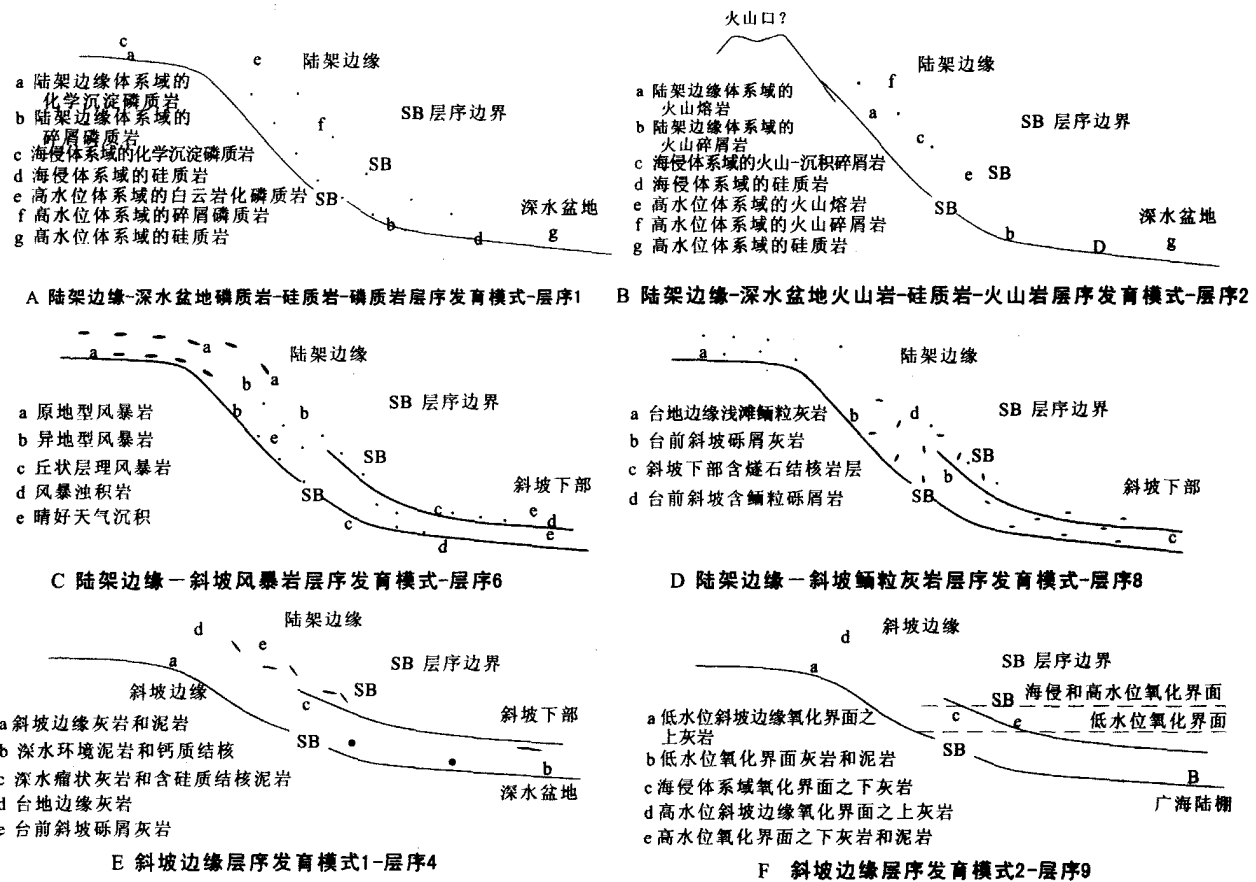


图3 库鲁克塔格寒武系层序地层发育模式
Fig.3 Models of sequence stratigraphy of Cambrian developed in Kuluketage

积,这个相带又向深水推进,伴随着海平面变化形成了原地型风暴岩-异地型风暴岩-原地型风暴岩的序列。

陆架边缘-斜坡鲕粒灰岩层序模式 D 这个模式以层序 8 为代表(图 3-D),该模式的结构与模式 C 相似,只是相带的内容不同。自台地边缘自斜坡下部依次发育有鲕粒灰岩、砾屑灰岩(含鲕粒)、含燧石结核的灰岩和泥岩,同样在海侵和高水位期间相带会相应的前进或后退,伴随着海平面变化形成了鲕粒灰岩-含燧石结核的灰岩和泥岩-鲕粒灰岩序列。

斜坡边缘层序模式(E 和 F) 模式 E 为斜坡边缘-深水盆地的层序模式,以层序 4 为代表。低水位时期沉积物沉积在斜坡边缘至深水盆地的范围内,在斜坡边缘发育薄层灰岩和泥岩,在深水盆地发育瘤状灰岩和含硅质结核的泥岩,伴随海侵瘤状灰岩和含硅质结核的泥岩沉积范围扩大,在高水位期间大量的砾屑灰岩堆积在斜坡边缘上,加之碳酸盐岩的垂向生长,原斜坡边缘转化为陆架边缘。模式 F 为斜坡边缘-广海陆棚层序模式,以层序 9 为代表。低水位时期沉积物沉积在斜坡边缘至广海陆棚范围内,在斜坡边缘发育紫灰色薄层灰岩和泥质灰岩,在广海陆棚发育深灰色薄层灰岩和泥岩,位于氧化界面之下。海侵和高水位期间氧化界面上升,在海侵阶段广泛发育灰色灰岩,而高水位阶段广泛发育紫灰色灰岩,伴随海平面变化形成了红-灰-红的岩性序列。高水位期斜坡边缘依然发育,没有发育成陆架边缘。

本区其它层序基本属于上述层序模式之一,层序 3 属于模式 B;层序 5 和层序 8 属于模式 D。层序 7 的发育与模式 E 相似,只是在低水位时期发育了陆架边缘体系域,以砾屑灰岩为代表而不是斜坡边缘体系域。层序 10 的发育与模式 F 相似,也是低水位时期发育陆架边缘体系域,以棕红色灰岩为代表。另外层序 11 的发育不属于上述 6 个模式,它属于发育在开阔台地的碳酸盐层序,由于层序 11 遭受剥蚀而不能详细讨论。

3 讨论

库鲁克塔格寒武系中发育了许多特殊沉积类型,因而层序构成也具有特色。层序的发育是海平面变化控制的,然而有些特殊的沉积类型并不能全部归因于海平面变化。于炳松等对塔里木地台北部寒武系层序地层进行了细致的分析,并与扬子地台和华北地台进行了对比,讨论了与全球海平面变化的联系^[8]。然而并没有与塔里木地台北部的构造背景相联系。研究区二级层序 A 中的磷酸岩、硅质岩、石膏等发育在深水

背景的沉积物质来源都与火山活动相联,而且形成了火山岩层序——层序 2。显然二级层序 A 也是受构造和物质供给控制。二级层序 B 是风暴岩的集中发育期,风暴的出现可能与地震或断裂活动引发的海啸有关。因此,二级层序 B 也是受构造活动的影响。相比二级层序 C 缺少特殊的沉积类型。

层序类型也反映出二级层序 A、B 和 C 形成时的背景的差异。二级层序 A 为 型深水层序,环境变化幅度大,从台地边缘变至深水盆地。这显示出盆地的狭小。二级层序 B 和 C 主要为 型浅水层序(除了层序 9 为 型深水层序,层序 11 为 型浅水层序外),环境变化的幅度小,从台地边缘到台前斜坡,变化最深也到广海陆棚。广海陆棚的发育,说明盆地已变得宽阔。

普遍认为库鲁克塔格寒武纪属于裂谷盆地,称为库满沟拉槽^[9,10]。根据本区寒武系层序地层的发育特征,可以认为早寒武世盆地属于裂陷阶段,中寒武世盆地属于断拗过渡阶段,晚寒武世为拗陷阶段。在裂陷阶段断裂和火山活动强烈,盆地深而相对狭小。由于火山活动使得磷质、硅质相对富集,而且热卤水活跃,形成了特色沉积,这种条件下形成 型深水层序。在断拗过渡阶段断裂活动也比较活动,盆地变浅而范围扩大。由于断裂活动引发海啸形成了风暴,导致了风暴岩的集中发育,在这种条件下形成 型浅水层序。在拗陷阶段盆地整体沉降,盆地范围达到最大,在台前斜坡和深水盆地之间形成了广海陆棚。海平面变化控制了浪基面、氧化界面的位置和容纳空间大小,形成本区以 型浅水层序为主的序列,在盆地最深时期形成了 型深水层序——层序 9,在盆地最浅时期形成了 型浅水层序——层序 11。

从库鲁克塔格寒武系一级层序来看,寒武纪发生了 2 次大规模的海侵。早寒武世的最大海侵以西大山组一段(层序 3)为代表;晚寒武世的最大海侵以突尔沙克塔格组三段(层序 9)为代表。本区晚寒武世的最大海泛与华北地台长山期最大海泛可以对比,与全球海泛一致^[11,12],但早寒武世的最大海泛却是地方性的。

4 结论

(1) 库鲁克塔格断隆区寒武系可以划分为 11 个三级层序,3 个二级层序和 2 个一级层序,分别代表了三级不同的海平面变化。

(2) 层序的类型为 型深水层序、 型浅水层序和 型浅水层序等 3 种类型,早寒武世发育深水层序,中—晚寒武世主要发育浅水层序。

(3) 寒武系中发育磷质岩、硅质岩、火山岩、石膏、瘤状灰岩、风暴碳酸盐岩、鲕状灰岩和浊流碳酸盐岩等特色的沉积物类型。

(4) 三级层序的发育具有 6 种模式,即陆架边缘-深水盆地磷质岩-硅质岩-磷质岩的层序模式 A、陆架边缘-深水盆地-硅质岩-火山岩的层序模式 B、陆架边缘-斜坡风暴岩层序模式 C、陆架边缘-斜坡鲕粒灰岩层序模式 D、斜坡边缘深水盆地层序模式 E 和斜坡边缘-广海陆棚层序模式 F。

(5) 二级层序是盆地发育不同时期的产物,二级层序 A 对应盆地裂隙阶段,二级层序 B 对应断拗过渡阶段,二级层序 C 对应拗陷阶段。

(6) 晚寒武世最大海泛与全球海泛一致,而早寒武世最大海泛是地方性的。

参 考 文 献

[1] Vail P R. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy, part I: seismic Sequence stratigraphy interpretation procedure. In: Atlas of Seismic stratigraphy (ed. by A. W. Bally) [M]. A A P G. Studies in Geology, 1987,2:1-10.

- [2] Sarg J F. 碳酸盐岩层序地层学. 威尔格斯 C K 主编(徐怀大等译). 层序地层学原理(海平面变化综合分析)[M]. 北京:石油工业出版社,1993:185-219.
- [3] 陈建强,于炳松. 塔里木地台北部寒武系层序地层研究进展[J]. 现代地质,2001,15(3):254.
- [4] 程日辉,王璞瑄,孙晓猛,等. 库鲁格塔格地区奥陶系层序地层与海平面变化[J]. 大地构造与成矿学,2006,30(3):283-293.
- [5] 姜在兴. 沉积学[M]. 北京:石油工业出版社,2003:236-242.
- [6] 孟祥化,葛铭. 内源盆地沉积研究[M]. 北京:石油工业出版社,1993,153-161.
- [7] 金瞰. 徐州大北望寒武系地层中的风暴岩及其特征[J]. 岩相古地理,1997,17(1):34-38.
- [8] 于炳松,陈建强,林畅松. 塔里木地台北部寒武纪—奥陶纪层序地层及其与扬子地台和华北地台的对比[J]. 中国科学(D辑),2001,31(1):17-26.
- [9] 高长林,叶德燎,黄泽光. 塔里木库鲁格塔格高原洋裂谷与地幔柱[J]. 石油实验地质,2004,26(4):161-167.
- [10] 谢晓安,吴奇之,卢华夏. 塔里木盆地古生代构造格架与沉积特征[J]. 沉积学报,1997,15(1):152-155.
- [11] Meng Xianghua, Ge Ming, M. E. Tucker, Sequence Stratigraphy, sea level changes and depositional systems in the Cambro- Ordovician of the North China carbonate platform[J]. *Sedimentary Geology*, 1977,114:189-222.
- [12] Vail P R, Mitchum J R, Thompson S. 海平面相对变化的全球性周期. 佩顿 C E 主编(牛毓荃等译). 地震地层学(在油气勘探中的应用)[M]. 北京:石油工业出版社,1980:70-85.

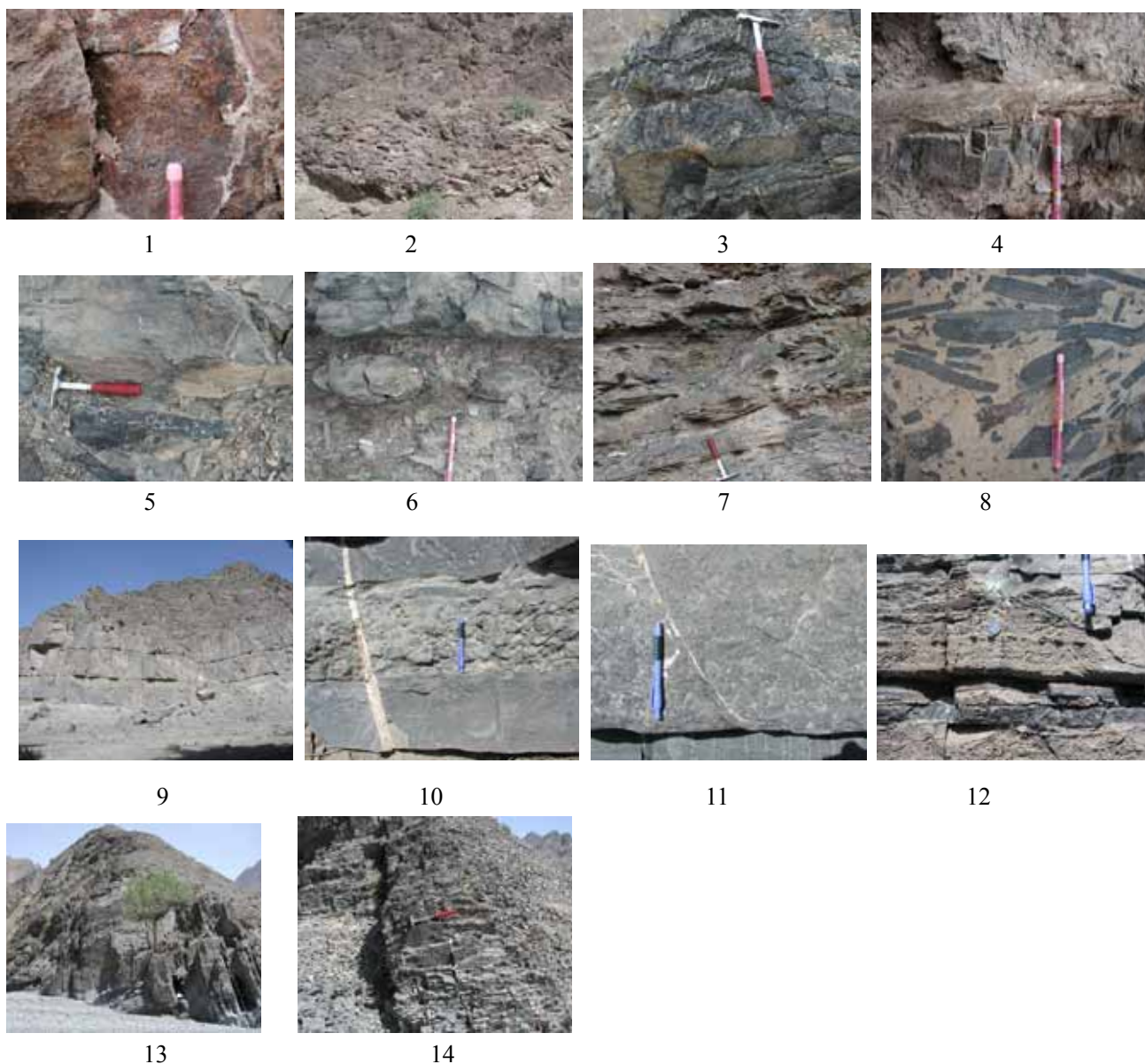
SEQUENCE STRATIGRAPHY AND MODELS FOR THE CAMBRIAN IN KULUKETAGE, XINJIANG

CHENG Ri-hui, WANG Pu-jun, LIU Wan-zhu, SUN Xiao-meng, SHAN Xuan-long
(College of Earth Sciences of Jilin University, Changchun, Jiling, 130061, China)

Abstract: The outcropping strata in the Kuluketage fault-uplifted zone of Tarim Basin, Xinjiang is a succession of bathyal-neritic deposits including phosphate rock, siliceous rock, volcanic rock, gypsolith, nodular limestone, carbonate tempestite, oolitic limestone and carbonate turbidite. There are two rank sequences made of three rank sequences and eleven sequences, reflecting three ranks of sea level changes. The sea level change of rank controlled rank sequences with six developing models are related to the special environments and their changes. The rank sequences are the products of tectonic stages of the basin evolution, which are early Cambrian rifting stage, middle Cambrian rifting and sagging stage and late Cambrian sagging stage. There were 2 maximum sea flooding events in the early and late Cambrian. The late Cambrian event coincides with global sea flooding while the one in the early Cambrian is local.

Key words: Kuluketage; Cambrian; sequence; sea level; model

图版



图版说明

1——西山布拉克组一段(层序 1)陆架边缘体系域磷质岩;2——西山布拉克组二段(层序 2)陆架边缘体系域安山熔岩,GPS:N41°24.560'; E88°19.912';3——西山布拉克组三段(层序 2)海侵体系域硅质岩,GPS:N41°24.490'; E88°19.944';4——西大山组一段(层序 3)海侵体系域硅质岩与石膏,GPS:N41°24.406'; E88°19.743';5——西大山组一段(层序 3)高水位体系域灰岩中的燧石条带和结核;6——西大山组二段(层序 4)海侵体系域泥岩和灰岩结核 - 一种瘤状灰岩,GPS:N41°24.329'; E88°19.632';7——莫合尔山组一段(层序 5)高水位体系域鲕粒灰岩和水平层理泥质灰岩;8——莫合尔山组二段(层序 6)高水位体系域原地型风暴岩,GPS:N41°24.253'; E88°19.554';9——突尔沙克塔格组一段(层序 7)层序界面、陆架边缘体系域和海侵体系域、砾屑灰岩和水平层理灰岩,GPS:N41°24.079'; E88°19.617';10——突尔沙克塔格组一段(层序 7)海侵体系域泥岩和瘤状灰岩 ;11——突尔沙克塔格组一段(层序 7)高水位体系域碳酸盐浊积岩;12——突尔沙克塔格组二段(层序 8)海侵体系域灰岩中燧石条带和结核,GPS:N41°23.888'; E88°15.675';13——突尔沙克塔格组三段(层序 9)海侵体系域深灰色泥晶灰岩,GPS:N41°23.730'; E88°15.769';14——突尔沙克塔格组四段(层序 10)层序界面和陆架边缘体系域棕灰色薄层灰岩,GPS:N41°23.888'; E88°15.675'