

八道湾组地层特征和沉积相特征

赵佳玉, 王 洁, 王青山, 汪帮耀*

长安大学地球科学与资源学院, 陕西 西安

Email: 1691385748@qq.com, 1733114731@qq.com, 1289718576@qq.com, *banyeo@163.com

收稿日期: 2021年6月10日; 录用日期: 2021年7月16日; 发布日期: 2021年7月23日

摘 要

本论文以准噶尔盆地昌吉地区西南部为研究对象, 通过野外实测剖面及前人的研究成果, 对研究区进行岩相学、沉积学研究, 并结合C-O同位素方法进行综合研究。通过研究我们将八道湾组地层分为上下两段, 下段岩性为浅灰绿色含砾粗砂岩、浅黄绿色中砂岩与细砂岩不均匀互层为特征, 岩层厚度稳定, 为中厚层状构造, 发育水平层理; 上段颜色以黄绿色与土黄色相间, 岩性为细砂岩、粉砂岩与粉砂质泥岩互层, 中薄层状构造, 可见有机质团块及植物化石碎片。八道湾组C-O同位素测试结果表明成岩过程中以淡水为主, 成岩时流体盐度低。八道湾组下段以湖相为主, 其中湖相以滨湖相和浅湖相为主; 上段以深湖相沉积为主, 其间有少量滨浅湖相沉积。

关键词

昌吉地区, 八道湾组, 沉积相

Stratigraphic Characteristics and Sedimentary Facies Characteristics of Badaowan Formation

Jiayu Zhao, Jie Wang, Qingshan Wang, Bangyao Wang*

School of Earth Sciences and Resources, Changan University, Xi'an Shaanxi

Email: 1691385748@qq.com, 1733114731@qq.com, 1289718576@qq.com, *banyeo@163.com

Received: Jun. 10th, 2021; accepted: Jul. 16th, 2021; published: Jul. 23rd, 2021

Abstract

In this paper, the southwest of Junggar Basin in Changji area is taken as the research object, with

*通讯作者。

the field measured geological section and the previous research results, the petrography and sedimentology in this area are studied, and combined with the C-O isotope method to carry on the comprehensive research. Here, the Badaowan formation are divided into upper and lower members. The rock assemblage of the lower member is characterized by shallow grayish green gravel coarse sandstone, shallow yellow-green medium sandstone and fine sandstone, and these rocks are interbedded unevenly. The thickness of the stratum is stable, which is a medium and thick layer structure. The strata have horizontal bedding structural types. The color of the upper section is yellow-green and khaki-yellow, which alternate with each other. The rocks comprised of fine sandstone, siltstone and silty mudstone, that are interbedded with each other, with medium-thin layer structure. Organic matter mass and plant fossil fragments can be seen in this section. The results of C-O isotopic test of Badaowan formation show that fresh water is the main diagenetic process at that time, and the fluid salinity is low during diagenetic process. The lower member of Badaowan formation is mainly lacustrine facies, in which lacustrine and shallow lacustrine deposits are dominant, and the upper member is dominated by deep lacustrine deposits, during which there are a small amount of shoreline and shallow lacustrine deposits.

Keywords

Changji Area, Badaowan Formation, The Sedimentary Facies

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在沉积学中沉积相是沉积环境在一定时间和空间范围内的物质表现, 即特定物质表现反映了特定地质历史时期中的沉积环境[1]。因此我们通过对工作区岩石、岩相学分析, 有助于我们厘定其地层组成, 恢复古环境特征。研究区位于天山北麓、准噶尔盆地南缘的盆山过渡带, 本次研究对象为新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市昌吉回族自治州剖面八道湾组。前人对八道湾组沉积相的研究主要集中在准噶尔盆地的西缘和北缘等地, 在准噶尔盆地南缘主要是对四棵树区八道湾组的剖面进行综合研究, 而昌吉地区前人主要研究内容为划分地层年代, 进行油气地质勘探和层序地层的对比[2] [3], 所以本次我们对下侏罗统八道湾组的沉积特征和演化规律进行详细研究, 弥补该区八道湾组的沉积特征研究缺失。本文以系统野外地质调查为基础, 结合岩相学研究和 C-O 同位素测试结果, 分析研究区下侏罗统八道湾组的地层特征, 恢复古环境和分析其沉积特征。

2. 区域地质概况

研究区位于北疆乌鲁木齐以西, 石河子市以东, 具体位置处于昌吉地区西南部, 研究区受天山山脉和昌吉地形地势的影响, 总体上呈现南高北低, 东南高西南低的地势(见图 1)。

研究区整体位于准噶尔盆地南缘及盆山过渡带。准噶尔盆地是从晚石炭世发展起来的内陆叠加沉积盆地, 其古陆核形成于太古代末期, 到中元古代才演化形成了稳定的大陆地块, 所以该盆地具有双重基底。经过三叠纪末期的海西运动以及印支 - 燕山期的造山运动, 使得该盆地被分割成多个大小不一的凹凸构造单元[4]。研究区八道湾组划分为上下两段, 下段岩性为浅灰绿色含砾粗砂岩、浅黄绿色中砂岩与细砂岩不均匀互层, 以河湖相为主; 上段岩性以黄绿色、土黄色细砂岩、粉砂岩与粉砂质泥岩互层, 以深湖相为主。

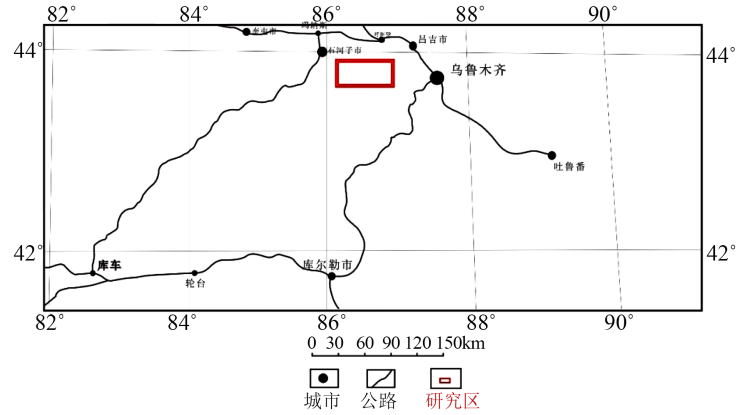


Figure 1. Location of study area
图 1. 研究区位置图

3. 地层特征

研究区下侏罗统八道湾组(J_{1b})与上覆地层下侏罗统三工河组(J_{1s})呈整合接触关系,与下伏地层中-上三叠统小泉沟组(T_{2-3x})呈角度不整合接触(见图 2),该组在 IX 号剖面中八道湾组从第 2~28 层,厚度为 1180.2 米。主要岩石组合为一套稳定的中层构造的浅灰绿色、浅黄绿色粉砂岩、粉砂质泥岩、细砂岩和含砾粗砂岩互层。底部有黄绿色砾岩出现,砾石成分以砂岩为主,含少量火山岩和花岗岩。中部可见有页片构造的炭质页岩,细薄片状产出。地层中发育水平层理,局部见有波痕构造。顶部局部见有 2~10 mm 的细小煤线数条,岩石中含有 2%~8% 不等的有机质团块,不均匀分布。剖面中八道湾组可分为上、下两段。下段以灰绿色为主,岩性为浅灰绿色含砾粗砂岩、浅黄绿色中砂岩与细砂岩不均匀互层,互层比例大致为 2:1:1。岩层厚度稳定,一般为中厚层构造,岩层发育有水平层理。偶见含砾粗砂岩中夹有细砂岩透镜体;八道湾组上段颜色以黄绿色与土黄色相间,岩性为细砂岩、粉砂岩与粉砂质泥岩互层,中薄层构造,比例大致为 2:2:1 砂岩中可见不均匀分布 3~5 mm 的有机质团块。地层中有明显的灰黑色炭质页岩层,薄层状构造,细薄片状产出,并且在泥岩中有煤线夹层出现。岩层表面可见有黄褐色植物茎化石碎片。

昌吉地区石梯子一带地质图

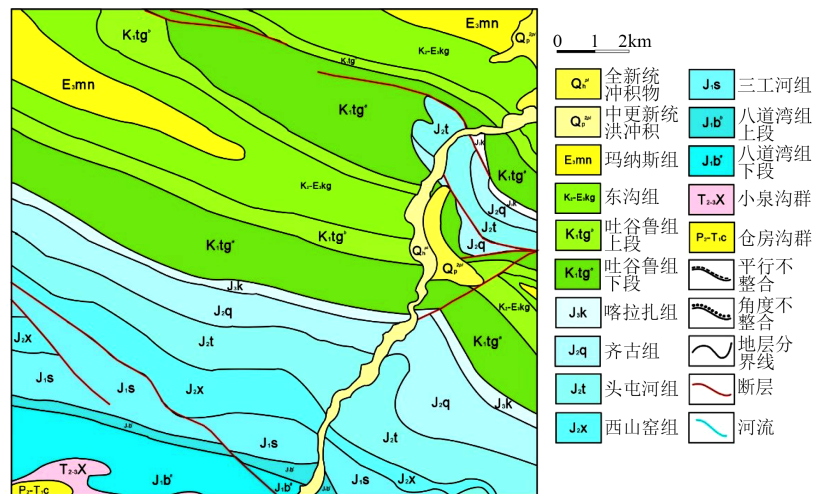


Figure 2. Geological map of stone ladder in Changji area
图 2. 昌吉地区石梯子一带地质图

新疆呼图壁县中上二叠统-下侏罗统宾湖组剖面柱状图
1: 2000

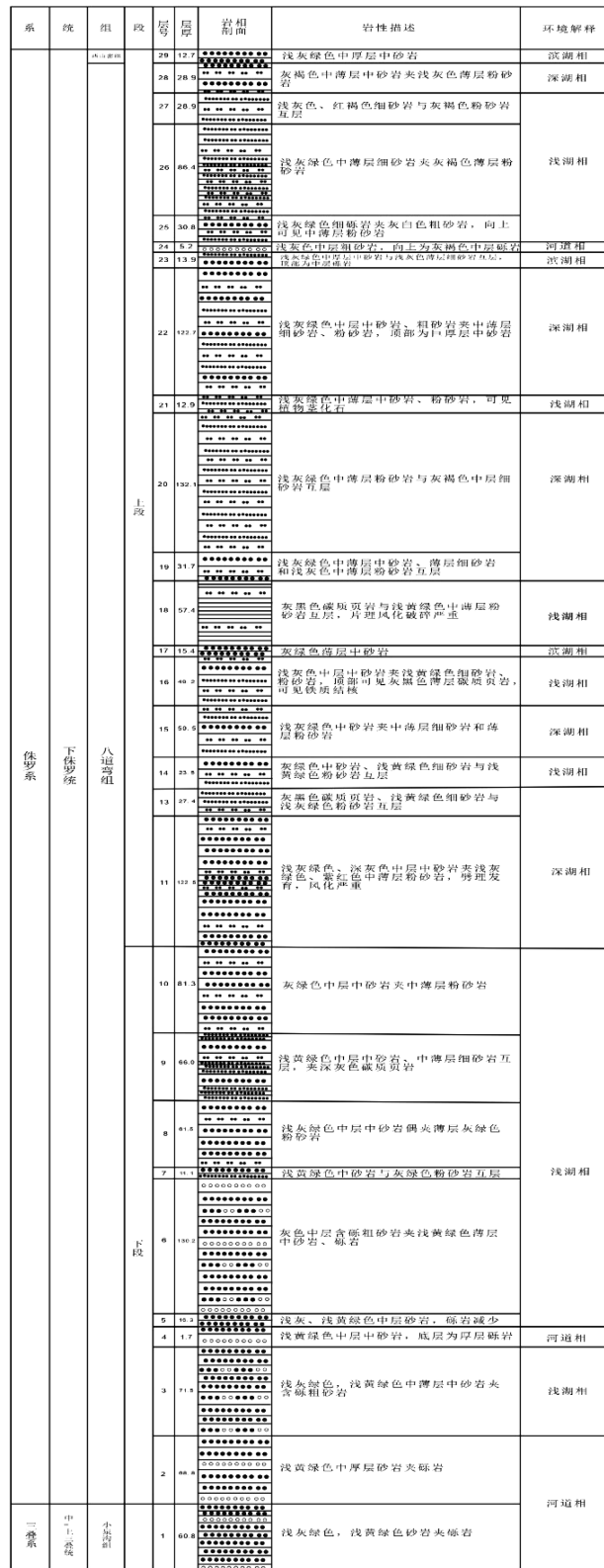


Figure 3. Comprehensive histogram of Hutubi County, Xinjiang
图 3. 新疆呼图壁县剖面综合柱状图

从八道湾组柱状图(见图 3)中可以直观地观察到在八道湾组的底部主要发育粗砂岩与砾岩,砾石含量高,因此我们判定其为河流相沉积;在粗砂岩与砾岩之上,发育有厚层的中砂岩,中层细砂岩,颜色多为浅绿色,浅黄绿色等,局部夹有粉砂岩,由此我们判断其为浅湖相沉积。从中间开始,岩石主要以粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩为主,它们经常以互层及夹层的方式产出,水平层理发育,其间在中部还发育有炭质页岩夹层,是典型的稳定环境中的产物,表明其形成于较深的湖水中。在上部层位局部发育有细砂岩,多数情况下夹有粉砂岩(见图 3)。其中还夹有极少量的薄层状中砂岩、粗砂岩与砾岩。这说明了在八道湾组沉积的地质历史时期的后期,沉积环境总体上处于稳定的水动力条件,其间有短暂的沉积环境的改变,出现了滨浅湖相的沉积过程。综上所述,八道湾组可以分为上、下两段,下段以河湖相为主,其中湖相以滨湖相和浅湖相为主;上段以深湖相沉积为主,其间有少量的滨浅湖相沉积。

4. 沉积相特征

4.1. 沉积相类型

通过对 IX 号剖面中八道湾组的岩层进行了综合分析,得出八道湾组的沉积相为湖相沉积。上述对八道湾组进行了分段,因此相应的将八道湾组的沉积相分为下段滨浅湖亚相和上段深湖沉积亚相。现分述如下:

4.1.1. 河湖相沉积环境

下侏罗统八道湾组下段岩性为浅灰绿色含砾粗砂岩、浅黄绿色中砂岩与细砂岩不均匀互层,岩层厚度稳定,发育有水平层理、递变层理(如下图 6 中的 a 段),在底部还有高能的粗粒砾岩沉积,发育正粒序层理,与下伏地层呈不整合接触关系。其特征稳定的厚层砂岩、含砾砂岩沉积,以及浅黄色、灰白色、淡紫色等显示氧化环境的颜色,在沉积构造上局部也发育板状交错层理(如下图 4),都说明了八道湾组下段的沉积环境为滨浅湖相沉积。因此我们认为其是滨浅湖相沉积为主,局部为河道相沉积[5]。

正如八道湾组下段的沉积序列图所示,其下部砾石具有定向特征,局部夹有含砾砂岩,砾岩夹层,由此推断局部发育河流相沉积。



Figure 4. Tabular cross bedding of gray white medium sandstone
图 4. 灰白色中砂岩,具板状交错层理

4.1.2. 深湖相沉积环境

八道湾组上段岩性主要为细砂岩、粉砂岩与粉砂质泥岩互层。局部夹有炭质页岩层和薄层状的粗砂

岩，偶见煤线。该段岩石横向分布稳定，垂向上常具连续的完整韵律，沉积厚度较大且稳定，主要发育水平层理(如下图6中的b段)。通过对研究区八道湾组上段灰黑色、黑色、黄绿色粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩的观察(如图5)，说明了八道湾组上段说明岩石形成于还原环境或强还原环境，是深湖相沉积环境。因此我们认为其是深湖相沉积环境[6]，煤线的出现说明了在极短的地质历史时期中该区域为浅湖相沉积。



Figure 5. Dark gray, black, yellow-green siltstone, silty mudstone, mudstone
图 5. 灰黑色、黑色、黄绿色粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩

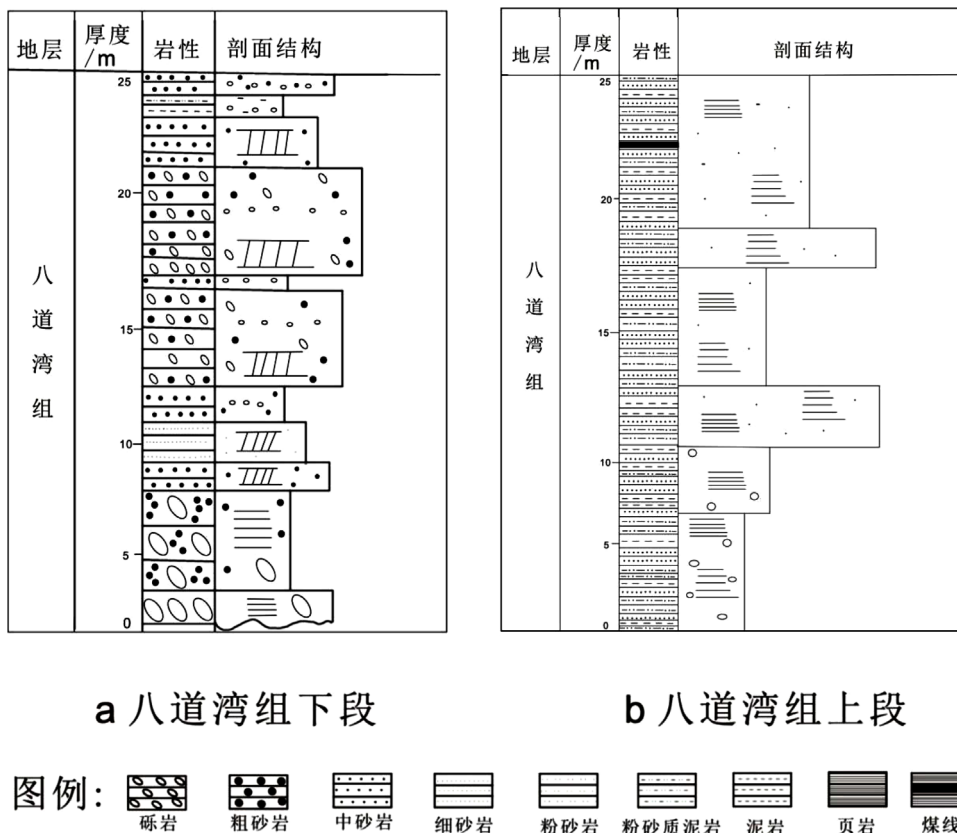


Figure 6. Sedimentary sequence map of Badaowan Formation
图 6. 八道湾组沉积序列图

4.2. 古环境分析

沉积岩中碳、氧同位素组成与沉积介质的同位素组分之间有很好的相关性，其中， $\delta^{13}\text{C}$ 值与 $\delta^{18}\text{O}$ 值可研究古盐度、古温度等古沉积环境，也可以用于研究成岩流体，碳同位素可以表示成岩流体中碳物质的来源，氧同位素则与原始碎屑物质和自生沉积矿物的含量有关，用来指示古温度[7] [8]。

本次对研究区八道湾组中 5 件样品做了 C、O 同位素，其中砂岩样品 3 件，灰岩样品 2 件。研究区八道湾组样品中 $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ 全部为负值组成，在 $-6.5\text{‰} \sim -3.2\text{‰}$ 之间，平均值 -5.52‰ ； $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-PDB}}$ 值为 $-13.6\text{‰} \sim -9.3\text{‰}$ ，平均值为 -11.88‰ ； $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ 值为 $16.2\text{‰} \sim 20.8\text{‰}$ ，平均值为 -18.04‰ 。

利用碳酸盐岩中 $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ 、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-PDB}}$ 数值[9]可以有效区分淡水相和海相碳酸盐岩并以此来指示古盐度，即 $Z = 2.048 \times (\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}} + 50) + 0.498 \times (\delta^{18}\text{O}_{\text{V-PDB}} + 50)$ 。当 $Z > 120$ 时为海相， $Z < 120$ 时为淡水相。八道湾组样品 Z 值均小于 120。前人研究表明，发现现代大洋中 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 $-1\text{‰} \sim 2\text{‰}$ ，淡水中 $\delta^{13}\text{C}$ 为 $-15\text{‰} \sim -5\text{‰}$ [10]，而八道湾组样品中 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 $-6.5\text{‰} \sim -3.2\text{‰}$ ，由此可见，成岩过程以淡水为主，成岩时的流体盐度低。

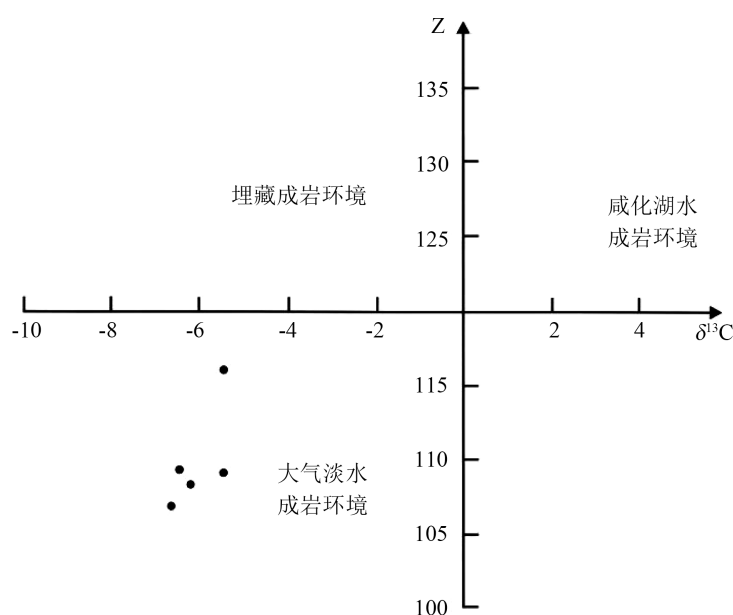


Figure 7. Relationship between $\delta^{13}\text{C}$ -Z values and diagenetic environment
图 7. $\delta^{13}\text{C}$ -Z 值与成岩环境的关系图

研究表明，典型湖相碳酸盐的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 $-2\text{‰} \sim 6\text{‰}$ [11]，八道湾组样品的 $\delta^{13}\text{C}$ 值都发生了负偏移，说明了成岩过程中有轻同位素 $\delta^{12}\text{C}$ 的加入，这可能是大气淡水淋滤的结果。当有淡水大量注入时湖泊碳酸盐的 $\delta^{13}\text{C}$ 值会发生改变，介于 -6‰ 和 -12‰ 之间[12]， $\delta^{13}\text{C}$ -Z 值与成岩环境的关系图(图 7)也说明了八道湾组成岩过程中遭受了大量淡水的改造。八道湾组岩石组合为砂岩，夹泥岩、粉砂岩及少量灰岩，砾岩较少，发育多类型层理，这些特征也说明了八道湾组为淡水湖沉积。

4.3. 沉积环境分析

1) 八道湾组下段岩性为浅黄绿色含砾粗砂岩夹浅黄绿色砾岩，底部含砾粗砂岩有正粒序现象。砾岩整合地夹于含砾粗砂岩之中，砾石含量高且磨圆度差，其代表着沉积环境的改变，说明水动力条件变强。此处正粒序推断由洪水期河口直接注入、因密度大于汇水盆地水体密度而沿水体底部分层流动的持续型

浊流[13]。且此处中砂岩发育平行层理,在这个平行层理中还发育有垂直于层理方向的节理。平行层理形成于急流及高能量水动力环境,也可说明此处为河道沉积。向上逐渐过渡为浅黄绿色中厚层细砂岩沉积,发育有板状交错层理,即同一层系中的纹层朝一个方向倾斜,而层系界面大致平行,组成板状交错层理,为河流入湖口与入海口的特征沉积构造,这说明在早侏罗世八道湾组的沉积环境是动荡旋回的,推测此处为浅湖相沉积。浅灰绿色中薄层状粗砂岩中夹有薄层状砾岩,砾岩整合地夹于含砾粗砂岩之中,砾石磨圆度差,其代表着沉积环境的改变,说明水动力条件变强。表现为浅灰绿色中薄层状粗砂岩中含有大量铁质结核,其中的铁质结核与围岩的界线截然,多呈椭球状、不规则状等,其内部构造有同心圆状、放射状等,大小不一,粒径大小在1~6 cm之间,零星分布,由于其椭圆形长轴方向与沉积层理平行,由此可以判断出该铁质结核属于同生结核,它与围岩沉积同时形成,常是胶体絮凝作用的产物[14]。向上岩性变为为灰色中层砾质粗砂岩夹有薄层状砾岩。沿导线前进方向砾岩逐渐减少。砾岩整合地夹于砾质粗砂岩之中,砾石磨圆度差,且粉砂岩逐渐增多,其代表着该区域沉积环境的改变,推断砾岩出现时沉积环境由原来的河道相沉积环境变化为浅湖相沉积环境,代表着浅湖相环境的形成。浅灰绿色中砂岩与灰绿色粉砂岩互层,比例为3:1。对于这种互层现象,我们可以推测其为浅湖相沉积与深湖相沉积相间出现。代表了其沉积环境呈周期性重复变化的现象[15]。黄绿色中层状中砂岩、浅黄绿色中薄层状细砂岩与灰绿色薄层状粉砂岩互层,比例为2:2:1。其中发育短波痕。对于这种互层现象,我们可以推测其为滨湖相沉积、浅湖相沉积与深湖相沉积相间出现。代表了其沉积环境呈周期性重复变化的现象。

2) 八道湾组上段灰黑色、黑色、黄绿色粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩的观察,说明了八道湾组上段说明岩石形成于还原环境或强还原环境,是深湖相沉积环境。浅灰色中层中砂岩,其中发育有包卷层理。成因主要是上覆砂质沉积物所引起的超负荷垂向力是产生的[16]。其次包卷层理的出现说明该沉积砂体在沉积成岩的过程处于一个相对稳定的环境,以便上覆砂体有时间在重力作用下发生变形。向上灰绿色中砂岩、浅黄绿色细砂岩与浅黄绿色粉砂岩互层,比例为2:2:1。向上不断出现互层现象,我们可以推测其为滨湖相沉积、浅湖相沉积与深湖相沉积相间出现,表现了其沉积环境呈周期性重复变化的现象。在最后几层附近沿导线方向砾石变多,出现短暂的河道相沉积。向上的细砂岩、粉砂岩、和泥岩中发育水平层理,其间的环境介质没有太大的扰动,据此我们推断这种岩石构造形成于深湖相。最后的中厚层中砂岩又表现滨湖相沉积。总之,八道湾组上段的沉积环境总体为深湖相沉积,其间有周期性重复的滨浅湖相沉积

5. 结论

1) 我们对研究区下侏罗统的八道湾组进行了统一划分,将其划分为上下两段。下段岩性为浅灰绿色含砾粗砂岩、浅黄绿色中砂岩与细砂岩不均匀互层,岩层厚度稳定,一般为中厚层构造,岩层发育有水平层理。偶见含砾粗砂岩中夹有细砂岩透镜体;八道湾组上段岩性以黄绿色与土黄色相间的细砂岩、粉砂岩与粉砂质泥岩互层,中薄层构造,可见有机质团块及植物化石碎片。

2) 通过对研究区岩性特征的分析,我们认为准噶尔盆地东部早侏罗世时期总体以亚热带潮湿型气候为主,沉积相以湖相沉积为主,其间也发育有河流相短暂旋回。

3) 在对该区域进行实际调查之后,只在八道湾组的上段泥岩、粉砂岩中观察到了少量煤线,具有进一步发掘煤矿的潜力。

致 谢

在这篇论文完成之际,衷心地感谢审稿专家对本论文提出的修改意见,所有建议对本论文的写作有重要的指导意义,在此我们对审稿专家表示最诚挚的谢意和最衷心的感谢!

基金项目

本文受到中国地质调查局项目“天山昌吉地区 K45E001012 等六幅 1:5 万区域地质调查”(编号 [2020]02-3)资助。

参考文献

- [1] 朱筱敏. 沉积岩岩石学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2008: 82-83.
- [2] 李丕龙, 冯建辉, 陆永潮, 等. 准噶尔盆地构造沉积与成藏[M]. 北京: 地质出版社, 2010.
- [3] 梁舒艺, 吴孔友, 裴仰文, 等. 准噶尔盆地南缘东段构造解析和构造解释模型建立[J]. 古地理学报, 2019, 21(5): 817-824.
- [4] 李忠权, 陈更生, 张寿庭. 新疆准噶尔盆地南缘拉张伸展动力学环境的探讨[J]. 高校地质学报, 1998(1): 74-79.
- [5] 张文森, 于兴河, 姚宗全, 等. 准噶尔盆地红山嘴地区侏罗系八道湾组沉积特征及其演化规律[J]. 东北石油大学学报, 2019, 43(3): 7-8, 43-52.
- [6] 刘立, 王东坡. 湖相油页岩的沉积环境及其层序地层学意义[J]. 石油实验地质, 1996(3): 311-316.
- [7] 陈波, 张顺存, 孙国强, 等. 准噶尔盆地车拐斜坡区储层碳酸盐胶结物碳氧同位素特征及其成因[J]. 油气藏评价与开发, 2020, 10(4): 101-106, 118.
- [8] 李骞, 田孝茹, 胡瀚文, 等. 天山北缘安集海河组湖相灰岩氧碳同位素变化的古环境意义[J]. 地球科学与环境学报, 2016, 38(3): 398-409.
- [9] 谭富文, 王剑, 王小龙, 等. 羌塘盆地雁石坪地区中-晚侏罗世碳、氧同位素特征与沉积环境分析[J]. 地球学报, 2004(2): 119-26.
- [10] 刘福田, 李荣西, 赵帮胜, 等. 鄂尔多斯盆地西南缘蓟县系碳酸盐岩碳氧同位素特征及其地质意义[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2018, 54(5): 597-603.
- [11] Kelts, K. and Talbot, M. (1990) Lacustrine Carbonates as Geochemical Archives of Environmental Change and Biotic/Abiotic Interactions. In: Tilzer, M.M. and Serruya, C., Eds., *Large Lakes*, Springer, Berlin, 288-315. https://doi.org/10.1007/978-3-642-84077-7_15
- [12] 曾旭, 林潼, 周飞, 等. 柴达木盆地-里坪地区新近系沉积环境及碳酸盐岩碳氧同位素特征[J]. 天然气地球科学, 2021, 32(1): 73-85.
- [13] 孙福宁, 杨仁超, 李冬月. 异重流沉积研究进展[J]. 沉积学报, 2016, 34(3): 452-462.
- [14] 黄志诚, 刘冠邦. 太湖现代沉积物中铁质结核特征: 对太湖形成机制的探讨[J]. 沉积学报, 2014, 32(3): 503-509.
- [15] 郭友哲. 玛湖凹陷西斜坡八道湾组一段沉积储层研究及有利区预测[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国石油大学, 2018.
- [16] Kale, M.G., Pundalik, A.S., Duraiswami, R.A. and Karmalkar, N.R. (2016) Soft Sediment Deformation Structures from Khari River Section of Rudramata Member, Jhuran Formation, Kutch: A Testimony of Jurassic Seismites. *Geological Society of India*, **87**, 194-204. <https://doi.org/10.1007/s12594-016-0387-8>