

乌什城南剖面沉积相类型及特征

吴黄文, 王振宇, 屈海州, 王翼君, 杨光

西南石油大学地球科学与技术学院, 四川 成都

收稿日期: 2024年1月16日; 录用日期: 2024年2月22日; 发布日期: 2024年2月29日

摘要

乌什凹陷是塔里木盆地西北缘重要的勘探区域目标之一。针对塔里木盆地乌什凹陷沉积特征差异较大的问题, 文章通过研究乌什凹陷石炭系沉积相类型及特征, 通过野外露头剖面观察、薄片鉴定等方法, 综合研究了乌什城南地区石炭系海相和海陆过渡相地层的沉积相类型和特征, 分析了石炭系的沉积, 揭示了沉积相类型及特征。乌什城南剖面早石炭世时期蒙达勒克组主要为扇三角洲沉积; 早石炭世晚期, 乌什组底部发育潮坪相沉积, 中上部为五套泻湖相夹辫状河三角洲相沉积, 库鲁组发育扇三角洲相沉积; 晚石炭世早期索格当他乌组自下而上发育滨岸-陆棚-扇三角洲相沉积。暗色泥岩和滩坝砂体、辫状河三角洲砂体在纵向上往往构成了良好的生储盖组合, 表明乌什西地区石炭系具有良好的油气潜力。

关键词

乌什凹陷, 石炭系, 乌什城南剖面, 沉积相, 沉积演化

Types and Characteristics of Sedimentary Facies in the Southern Section of Wushi

Huangwen Wu, Zhenyu Wang, Haizhou Qu, Yijun Wang, Guang Yang

School of Geosciences and Technology, Southwest Petroleum University, Chengdu Sichuan

Received: Jan. 16th, 2024; accepted: Feb. 22nd, 2024; published: Feb. 29th, 2024

Abstract

Wushi sag is one of the important exploration targets in the northwest margin of the Tarim Basin. In view of the large differences in sedimentary characteristics in Wushi Depression, Tarim Basin, this paper comprehensively studies the sedimentary facies types and characteristics of the Carboniferous Marine facies and Marine and continental transition strata in the southern section of Wushi by means of field outcrop profile observation and thin section identification, analyzes the deposition of Carboniferous, and reveals the types and characteristics of sedimentary facies. The

early Carboniferous Mondalek Formation in the southern section of Wushi is mainly a fan delta deposit. In the late Early Carboniferous period, the bottom of the Wushi Formation developed tidal flat facies, the middle and upper part of the Wushi Formation developed braided river delta facies, and the Kulu Formation developed fan delta facies. Shore-continental p-fan delta facies deposits developed from bottom to bottom in the early Late Carboniferous Sogedangtawu Formation. Dark mudstone, beach bar sand body and braided river delta sand body often form a good combination of source reservoir and cover in the longitudinal direction, indicating that the carboniferous system has good oil and gas potential in the Wushi area.

Keywords

Wushi Sag, Carboniferous, The Southern Section of Wushi, Sedimentary Facies, Sedimentary Evolution

Copyright © 2024 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

塔里木板块西北缘石炭纪时期为一典型的被动大陆边缘，石炭系地表出露完整，从南天山地区到塔里木盆地北部均有分布，为一套富含油气地层[1]-[9]。乌什凹陷位于塔里木盆地西北缘，西起阿合奇的柯坪断隆，东接吐孜阿瓦特构造带-秋里塔格构造带，北靠南天山造山带，南为温宿凸起。乌什凹陷是呈近北东向展布的狭长山前凹陷，其面积约 3400 km² [3]。乌什地区在构造上处于塔里木地块与南天山造山带之间[10]。乌什凹陷所钻的乌参 1 井、神木 1 井在白垩系获得突破，2017 年新钻探的新温地 1 井、新温地 2 井两口井均获高产工业油流，实现了该区勘探 50 多年来首次重大突破，说明该区具有很大油气勘探潜力[11][12]。本次工作对塔里木盆地西北缘乌什县城南出露较完整的石炭系剖面进行了详细观测，并采集了丰富的样品，基于沉积特征、沉积相类型分析，为认识该期沉积储层提供有力证据。本文对乌什凹陷乌什城南剖面沉积相类型及特征进行分析，对该区下一步油气勘探具有重要的意义。

2. 地质背景

Table 1. Carboniferous strata division in Wushi depression, Tarim Basin

表 1. 塔里木盆地乌什凹陷石炭系地层分区

系	国际标准		中国标准		阿合奇小区	乌什城南小区	
	统	阶	统	阶			
二叠系	乌拉尔统	阿瑟尔阶	船山统	紫松阶			
石炭系	宾夕法尼亚亚系		格舍尔阶	马平统	小独山阶		
		上统	卡西莫夫阶				
		中统	莫斯科阶	威宁统	达拉阶	别根他乌组	索格当他乌组
		下统	巴什基尔阶		滑石阶		
				罗苏阶			

续表

	上统	谢尔普霍夫阶		德坞阶	库鲁组
密西西比亚系	中统	维宪阶	大塘统	上司阶 巴什索贡组	乌什组
	下统	杜内阶	岩关统	旧司阶 汤耙沟阶	蒙达勒克组

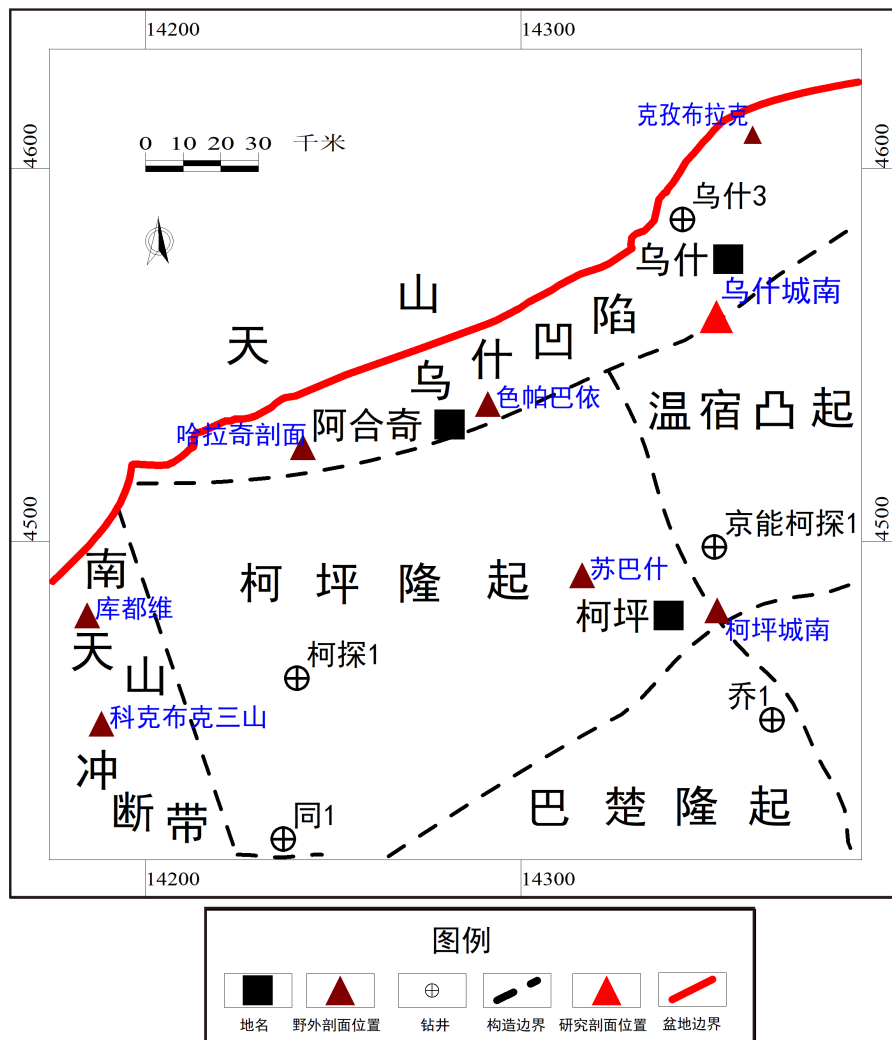


Figure 1. Location map of the study area
图 1. 研究区位置

石炭纪 - 早二叠世期间, 乌什城南剖面发生过多级旋回的海平面升降事件, 海水从 NW 经阿瓦提凹陷向南涌入塔里木盆地, 在这一地区沉积了相应的地层, 并记录下了海侵 - 海退事件[13] [14] [15] [16]。早石炭世由于海侵范围有限以及受早石炭系沉积前柯坪 - 塔北隆起区地貌的影响, 在研究区早石炭系地层分布于乌什城南 - 阿合奇县一线的以北地区。乌什县城南剖面位于塔里木盆地西北缘的乌什凹陷, 是塔里木盆地西北缘的一部分(图 1)。本文重点研究的乌什县城南剖面位于索格当他乌山的东北部, 北距

乌什县城 10 km, 该剖面石炭系出露较完整, 其厚达 2000 余米的露头。根据近年来国内外最新的生物地层定年方案, 参考前人的分层方案[17], 制定出了乌什城南地区石炭系的地层划分方案(表 1)。石炭系分为上统、下统, 地层自下而上发育下石炭统蒙达勒克组、乌什组和库鲁组及上石炭统索格当他乌组。下石炭统蒙达勒克组与下伏地层志留系地层呈角度不整合接触, 区域上与上覆上石炭统 - 下二叠统康克林组地层呈平行不整合接触。该剖面上石炭统索格当他乌组顶部地层出露不全, 与奥陶系灰岩地层断层接触。

3. 地层岩性特征及沉积相类型

通过野外露头剖面观察、薄片鉴定等方法, 乌什城南石炭系地层发育海陆过渡相、海相沉积, 以陆源碎屑物源为主, 部分层组夹有浅海相碳酸盐岩沉积。

3.1. 蒙达勒克组

下石炭统蒙达勒克组, 厚 170.85 m, 以灰色 - 灰绿色厚层砾岩沉积为主, 夹紫红色薄层泥岩, 中下部偶见砂屑泥晶灰岩和瘤状灰岩沉积, 顶部见紫色厚层中 - 粗粒长石岩屑砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩与粉砂质泥岩互层沉积。砾石以杂砾岩为主, 含量 60%~65%, 大小 1~15 cm, 分选差, 次棱角状 - 次圆状, 磨圆中等 - 差, 砾石成分主要为石英砂岩, 其次为中酸性的火成岩。从底部向上发育冲刷面、砂岩透镜体、筛状沉积、平行层理和斜层理等沉积构造。

该组下部以扇三角洲前缘亚相沉积为主, 发育多套分流河道 - 河道间微相沉积组合, 其中分流河道微相岩性为褐 - 灰黄色厚层 - 块状中 - 粗砾岩夹细 - 粗砂岩, 砾石大小为 1~15 cm, 次棱角 - 次圆状, 砾石含量 60%, 砾石之间粗砂岩充填, 分选磨圆差, 砾石成分主要为石英砂岩, 其次为中酸性的火成岩, 证明离物源近, 杂色砾岩的砾石有的大小混杂, 有的可见叠瓦排列, 底部见冲刷构造和粗粒的滞留沉积, 反映了扇三角洲前缘的辫状河道沉积特征, 砂岩中发育斜层理、交错层理(图 2(a)); 河道间微相沉积以细粒沉积为主, 岩性为紫红色泥岩、细砾岩夹灰色薄层生屑泥晶灰岩。

该组顶部发育扇三角洲平原亚相沉积(图 3), 主要以泥石流微相沉积为主, 岩性为黄灰色粗 - 中砾岩, 成分复杂, 逆粒序(图 2(b)), 其砾岩成分复杂的特征说明其离物源近。

3.2. 乌什组

乌什组与下覆蒙达勒克组整合接触(图 2(c)), 厚 974.95 m, 岩性以灰岩、石英砂岩、细砂岩、粉砂岩和泥岩为主。灰岩主要在乌什组底部发育, 颜色为深灰色或灰黑色, 包括藻纹层灰岩、泥晶生屑灰岩、砂屑生屑灰岩和泥晶灰岩、泥灰岩等类型, 向上灰岩含量逐渐减少, 表现为泥灰岩以薄夹层或者与粉砂岩、石英砂岩等呈不等厚互层状出现, 发育斜层理及水平层理, 具向上变粗的逆粒序, 藻纹层灰岩中发育鸟眼孔, 生屑灰岩中生屑以蜓类、棘屑和腕足类化石为主, 可见完整的腕足化石。

乌什组底部发育潮坪相沉积, 厚 40.34 m, 分为潮间及潮下亚相, 自下而上由潮间与潮下亚相互层组成(图 4), 其中潮间亚相以藻坪微相、灰坪微相为主, 藻坪微相岩性为深灰色 - 灰色薄 - 中层藻灰岩, 发育鸟眼孔, 灰坪微相岩性为生屑灰岩夹灰色薄层泥晶灰岩, 潮下亚相以深灰色薄层泥晶生屑灰岩、泥灰岩为主。

中部及顶部发育五套泻湖相夹辫状河三角洲相沉积, 泻湖相分为泥灰质泻湖及障壁滩坝亚相, 泥灰质泻湖亚相岩性由灰黑色 - 深灰色薄层灰质泥岩、泥灰岩组成(图 2(d)), 障壁滩坝亚相岩性为灰色 - 浅灰色中层细砂岩、石英砂岩及灰色中层生屑灰岩, 具保存较为完整的石燕贝(图 2(e)), 且乌什组自下而上, 泻湖相沉积中泥岩厚度逐渐增加, 砂体厚度减小。辫状河三角洲相以辫状河三角洲前缘亚

相为主,其灰色-灰绿色中厚层细-粗砂岩、块状砾岩为主,正粒序,交错层理发育。其沉积碎屑岩,颜色为灰色-深灰色,岩石类型主要包括泥岩、粉砂岩、细砂岩、粗砂岩和石英砂岩等,偶见泥灰岩与石英砂岩互层沉积。中部发育2~3套粒度向上变细的正韵律,中上部发育大套以泥岩和粉砂质泥岩为主的细粒沉积,偶夹褐灰色薄层粉砂岩,顶部以石英砂岩沉积为主,见斜层理和平行层理,少见正粒序发育。

3.3. 库鲁组

库鲁组厚280.66 m,与上覆、下伏地层均整合接触,岩性包括灰色厚层石英砂岩、灰色块状厚层砾岩,局部夹灰色薄层页岩和粉砂岩。顶部发育厚约5 m的薄-中层生物碎屑灰岩,生屑灰岩中可见大量棘皮生屑和群体珊瑚。发育扇三角洲相沉积(图5),底部为厚127 m灰色块状厚层砾岩夹岩屑石英砂岩(图2(f)),砂岩以岩屑石英砂岩为主,砂体中发育平行层理及交错层理,砾岩成分杂,呈次棱角状,含大量灰岩砾石,为扇三角洲前缘分流河道微相沉积。上部为厚102 m分流河道微相夹河道间微相沉积,河道间微相岩性以灰色薄层页岩为主。

3.4. 索格当他乌组

索格当他乌组厚1017 m,顶部与奥陶系地层断层接触(图2(g))。底部具厚15 m褐灰色厚层细-粗粒石英砂岩,发育低角度交错层理,为滨岸相沉积。向上发育厚近1000 m灰色-灰绿色粉砂岩、粉砂质泥岩夹灰绿色薄层泥页岩、灰黑色泥岩(图2(h)),整体为碎屑岩陆棚沉积,前人研究表明,该段沉积也属浅海陆棚环境[18]。顶部见中-厚层灰-灰绿色岩屑砂岩、砾岩,砂岩中发育流水纱纹层理,局部可见滑塌成因的包卷层理和顺层分布的漂砾夹薄层黑色页岩,为扇三角洲相沉积。索格当他乌组垂向上经历了滨岸-陆棚-扇三角洲相变化(图6)。

4. 石炭系沉积演化

早石炭世早期,由加里东运动形成的柯坪隆起-温宿凸起表现强烈。该隆起北缘以索格当他乌断裂为界,控制了研究区早石炭世的沉积。蒙达勒克组主要为扇三角洲沉积,下部发育扇三角洲前缘亚相沉积为主,上部发育扇三角洲平原亚相沉积,发育多套分流河道-河道间微相沉积组合,其中分流河道微相岩性为褐-灰黄色厚层-块状中-粗砾岩夹细-粗砂岩,主要以泥石流微相沉积为主,岩性为黄灰色粗-中砾岩,成分复杂,逆粒序。从区域上看,该套砾岩主要分布在乌什城南的库鲁剖面和阿合奇的托什罕大桥剖面,大致沿索格当他乌断裂呈近东西向分布[11]。

早石炭世晚期,沉积以乌什组和库鲁组为代表。乌什组底部发育潮坪相沉积,自下而上由潮下-潮间亚相组成,潮坪相以上为五套泻湖相夹辫状河三角洲相沉积,泻湖相分为泥灰质泻湖及障壁滩坝亚相。辫状河三角洲相以辫状河三角洲前缘亚相为主;库鲁组发育扇三角洲相沉积,底部为三角洲前缘分流河道微相沉积,顶部为分流河道微相夹河道间微相沉积。

晚石炭世,索格当他乌组底部为滨岸相沉积,中下部为浅海陆棚相沉积,上部发育扇三角洲沉积,反映了晚石炭世早-中期海平面上升,海侵扩大,随后又发生海退的沉积演化。

a、紫红色岩屑石英砂岩,发育斜层理,分流河道,扇三角洲前缘;b、黄灰色粗-中砾岩,成分复杂,逆粒序,扇三角洲平原,泥石流;c、乌什组与蒙达勒克组整合接触;d、灰黑色钙质碳质泥岩夹粉细砂岩、泥灰岩,泻湖;e、灰色中厚层生屑灰岩夹薄层泥晶灰岩、泥灰岩,障壁滩坝亚相;f、灰绿色厚层中-细砾岩,具逆粒序,扇三角洲平原泥石流沉积;g、索格当他乌组顶部与奥陶系地层断层接触,断层角砾岩厚10 m;h、灰绿色粉砂质泥岩夹薄层泥质粉砂岩,泥质泻湖。

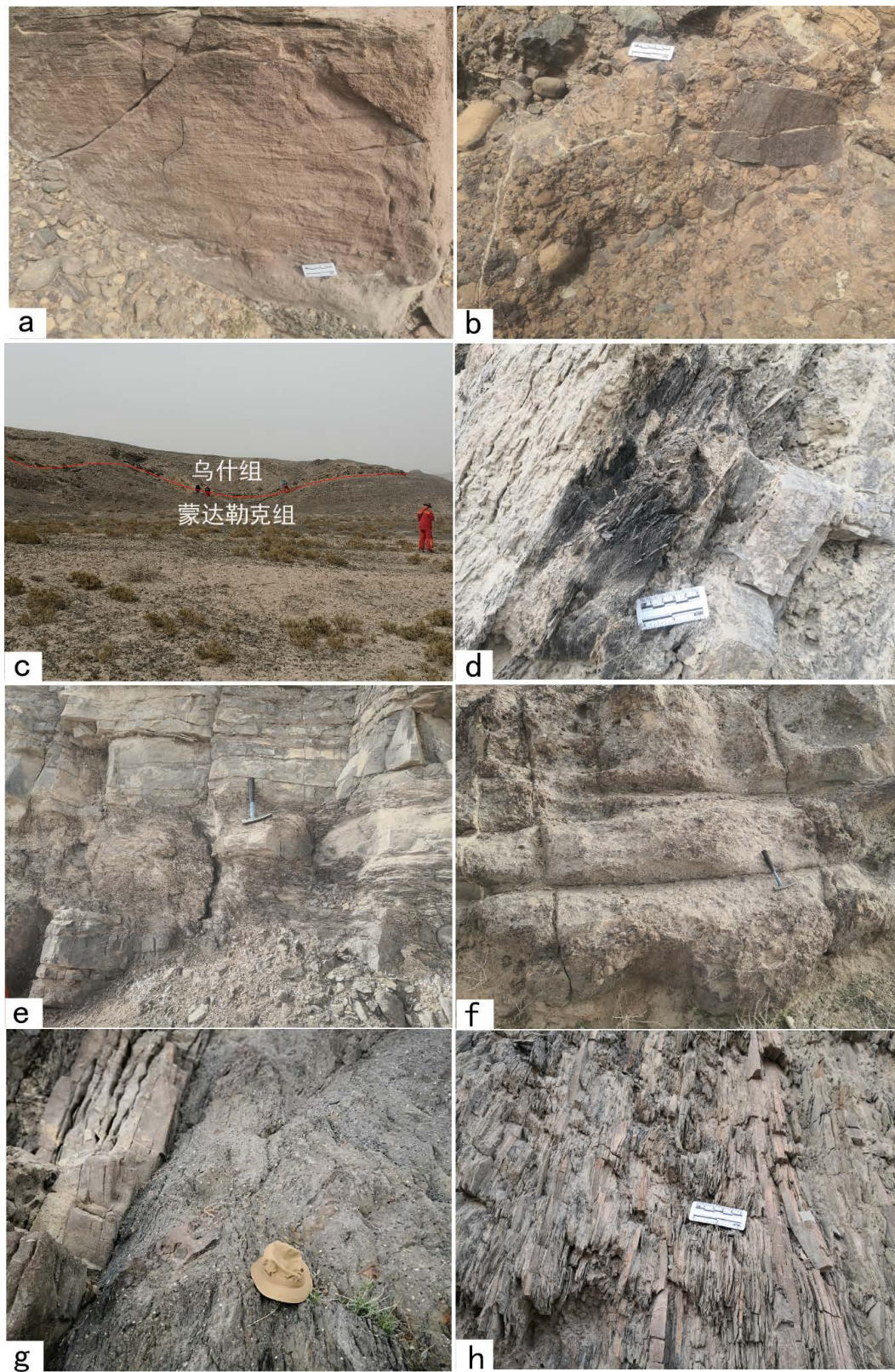


Figure 2. Sedimentary phase characteristics of carboniferous system in the southern section of Wushi
图 2. 乌什城南剖面石炭系沉积相特征

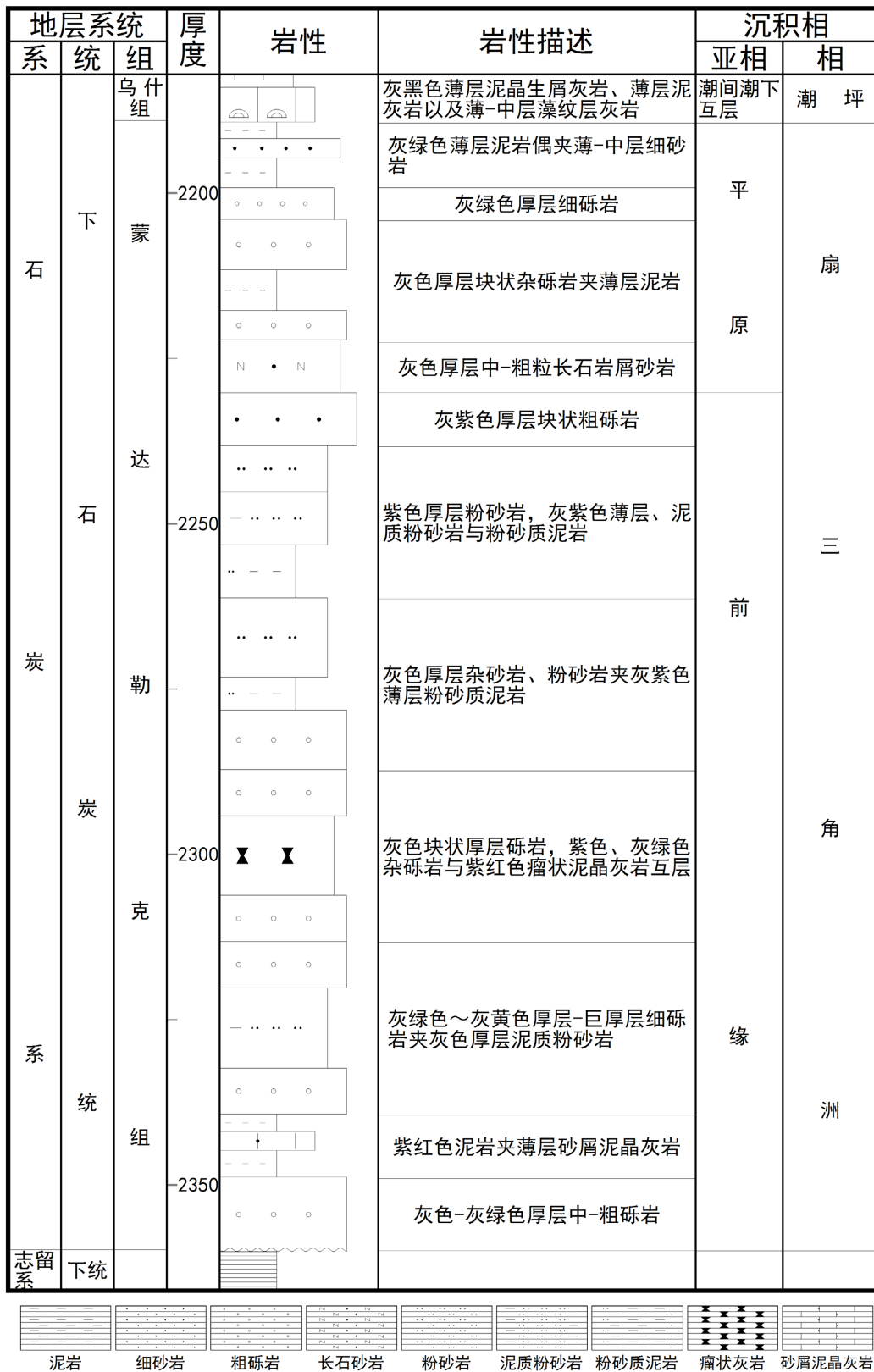


Figure 3. Sedimentary phase diagram of the C₁m formation in the southern section of Wushi
 图 3. 乌什城南剖面石炭系蒙达勒克组沉积相图

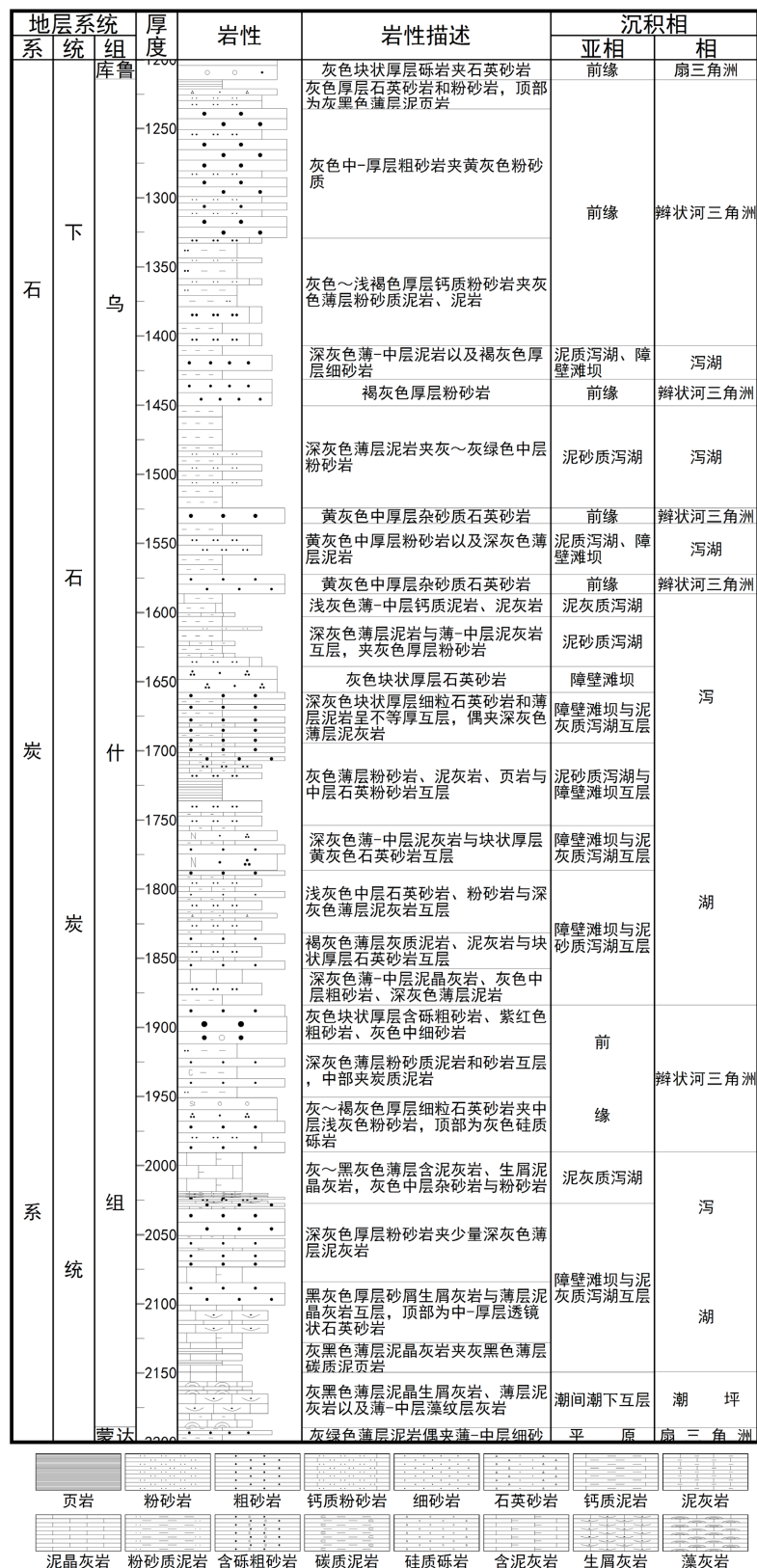


Figure 4. Sedimentary phase diagram of C₁w formation in the southern section of Wushi
图 4. 乌什城南剖面石炭系乌什组沉积相图

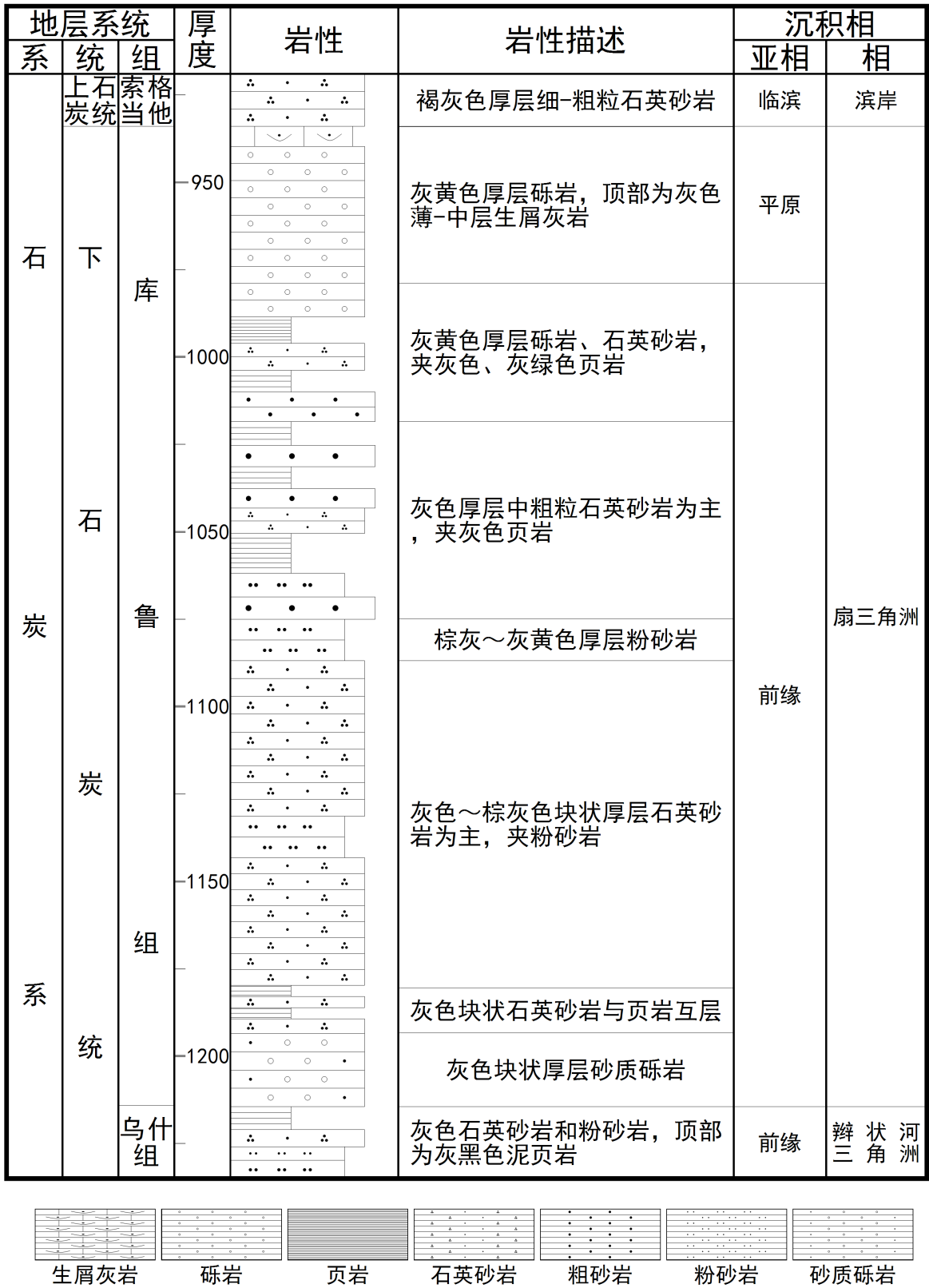


Figure 5. Sedimentary phase diagram of C₁k formation in the southern section of Wushi
 图 5. 乌什城南剖面石炭系库鲁组沉积相图

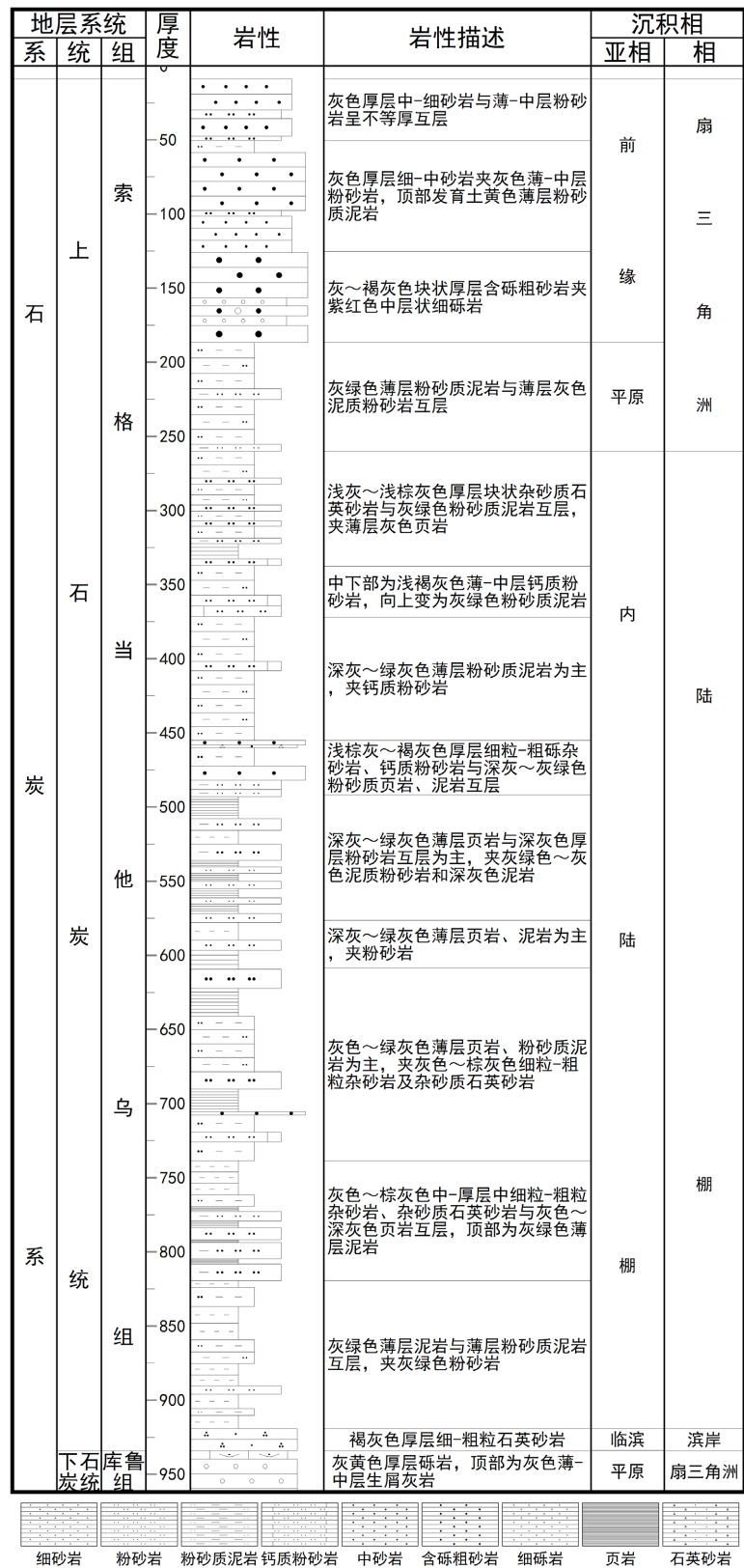


Figure 6. Sedimentary phase diagram of C_{2g} formation in the southern section of Wushi
 图 6. 乌什城南剖面石炭系索格当乌组沉积相图

5. 结论

早石炭世早期蒙达勒克组主要为扇三角洲沉积, 下部发育扇三角洲前缘亚相沉积为主, 上部发育顶部发育扇三角洲平原亚相沉积, 发育多套分流河道-河道间微相沉积组合。

早石炭世晚期, 乌什组底部发育潮坪相沉积, 垂向上经历了潮下-潮间亚相变化, 潮坪相以上为五套泻湖相夹辫状河三角洲相沉积, 库鲁组发育扇三角洲相沉积, 底部为三角洲前缘分流河道微相沉积, 顶部为分流河道微相夹河道间微相沉积。

晚石炭世早期索格当他乌组自下而上发育滨岸-陆棚-扇三角洲相沉积。

参考文献

- [1] 丁孝忠, 刘训, 傅德荣, 等. 塔里木板块西北缘石炭纪层序地层及海平面变化探讨[J]. 中国区域地质, 2000(1): 59-66.
- [2] 刘玉魁, 闵磊, 冯游文, 等. 塔里木盆地乌什凹陷石油地质特征[J]. 天然气工业, 2007(1): 24-26+148.
- [3] 贾进华, 周东延, 张立平, 等. 塔里木盆地乌什凹陷石油地质特征[J]. 石油学报, 2004(6): 12-17.
- [4] 张振红, 吕修祥, 杨明慧, 等. 塔里木盆地乌什凹陷石油地质特征[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2004(4): 29-31+65-3.
- [5] 吕修祥, 金之钧, 周新源, 等. 塔里木盆地乌什凹陷温宿凸起油气勘探前景[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2006(1): 17-21+25.
- [6] 童雪飞, 康志宏, 周磊, 等. 塔里木西北缘乌什南上石炭统索格当他乌组微量稀土元素特征及地质意义[J]. 现代地质, 2016, 30(2): 426-435.
- [7] 郭春涛, 李忠, 高剑, 等. 塔里木盆地西北缘乌什地区石炭系沉积与碎屑锆石年代学记录及其反映的构造演化[J]. 岩石学报, 2015, 31(9): 2679-2695.
- [8] 丁孝忠, 刘训, 傅德荣, 等. 塔里木板块西北缘石炭纪层序地层及海平面变化探讨[J]. 中国区域地质, 2000(1): 59-66.
- [9] 吴根耀, 李曰俊, 刘亚雷, 等. 塔里木西北部乌什-柯坪-巴楚地区古生代沉积——构造演化及成盆动力学背景[J]. 古地理学报, 2013, 15(2): 203-218.
- [10] Ke, S., Huixi, L., Guanmin, W., et al. (2022) Sedimentary Characteristics and Evolution Controlling Factors of Platform Margin Reef-Shoal: A Case Study of Upper Carboniferous-Middle Permian in Wushi Area, Tarim Basin. *Geofluids*, 2022, Article ID: 4488032. <https://doi.org/10.1155/2022/4488032>
- [11] 贾进华, 张立平, 陈秀艳. 塔里木盆地乌什凹陷西部石炭系——二叠系沉积演化[J]. 古地理学报, 2018, 20(3): 423-434.
- [12] 张君峰, 高永进, 杨有星, 等. 塔里木盆地温宿凸起油气勘探突破及启示[J]. 石油勘探与开发, 2019, 46(1): 14-24.
- [13] 丁跃潮, 杨品. 塔里木盆地西部石炭、二叠系划分对比[J]. 新疆石油地质, 1998(6): 60-63+90.
- [14] 许杰, 郭建华, 何治亮. 塔里木盆地石炭系层序地层研究[J]. 海洋地质动态, 2008(10): 19-28.
- [15] 郭建华, 孙礞墩, 许杰, 等. 塔里木盆地巴楚地区石炭系层序地层学特征[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2010, 41(1): 257-264.
- [16] 郑民, 彭更新, 雷刚林, 等. 库车坳陷乌什凹陷构造样式及对油气的控制[J]. 石油勘探与开发, 2008(4): 444-451.
- [17] 贾承造, 张师本, 吴绍祖, 等. 塔里木盆地及周边地层(上、下册) [M]. 北京: 石油工业出版社, 2004.
- [18] 张敬艺, 罗金海, 卿颖, 等. 塔里木盆地西北缘石炭——二叠系油积岩的沉积特征及其构造意义[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2007(5): 819-824.