石油天然气学报（江汉石油学院学报）2015 年 6 月 第 37 卷 第 5+6 期
Journal of Oil and Gas Technology（J. JPI）Jun. 2015 Vol. 37 No. 5&6

[引著格式] 段长江，谢英刚，潘新志，等．鄂尔多斯盆地东缘临兴地区本溪组-太原组沉积环境及沉积相研究［J］．石油天然气学报（江汉石油学院学报），2015，37（5+6）：6～9.

鄂尔多斯盆地东缘临兴地区本溪组-太原组沉积环境及沉积相研究

段长江，谢英刚
潘新志，肖二莲 （中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司，天津 300457）
朱珊珊 （中海石油（中国）有限公司湛江分公司，广东 湛江 524057）

[摘要] 通过沉积岩石氧化-还原参数来判定沉积环境，结合钻井、岩心等分析资料，对本溪组-太原组（C_2b-P_1t）沉积相类型进行了判定。综合研究认为：研究区 C_2b-P_1t 属于海相还原环境沉积，沉积相类型主要以潮坪相沉积为主，发育潮间带的泥坪、沙坪及混合坪微相沉积。
[关键词] 鄂尔多斯盆地东缘；石炭系；氧化-还原参数；潮坪相
[中图分类号] TE121.3 [文献标志码] A [文章编号] 1000-9752（2015）05+06-0006-04

临兴地区位于鄂尔多斯盆地伊陕斜坡东北部，区内大部分地区石炭系构造为东高西低的单斜，倾角不足 1°[1]。临兴西部地区构造运动微弱，断裂及局部构造均不发育，仅在西倾单斜背景上发育了数排宽缓的鼻状隆起带及数个闭合度小于 50m 的小幅度圈闭构造，东部受紫金山岩体影响，隆升幅度较大。临兴地区在盆地东缘致密砂岩气含量最为丰富，但是勘探程度较低。本溪组（C_2b）-太原组（P_1t）紧邻煤系烃源岩，层内 8#、9# 煤层发育稳定且分布范围广、规模大，具备形成大中型油气藏的基本地质条件。

近年来，长庆油田在鄂尔多斯盆地石炭系-二叠系进行了规模性勘探和开发，由于 C_2b-P_1t 储集砂体具有岩性、岩相和厚度变化大，平面分布复杂和连通性差以及储层物性偏低和非均质性严重等特征[2]，气田的开发效果并不理想。多位学者[3~6]对鄂尔多斯盆地 C_2b 和 P_1t 的沉积相及储层特征进行了一定研究，并取得了部分成果，但并未对局部地区（临兴地区）沉积体系进行精细探讨。因此，随着中海油公司勘探开发的深入进行，开展目的层段沉积微相精细研究工作势在必行。

1 沉积环境

在区域沉积环境和沉积体系调研的基础上，利用钻井、岩心分析测试，结合古地貌特征，采用微量元素、岩石结构、岩心观察及沉积特征分析方法，进一步论证了研究区 C_2b-P_1t 的沉积体系。

1.1 有机化学元素分析

通常根据总有机碳质量分数（w（TOC））和还原硫质量分数（w（S））来判断沉积环境的氧化、还原条件。一般认为，w（TOC）和 w（S）高为还原环境；反之则为氧化环境。据临兴地区 C_2b-P_1t 岩心微量元素分析数据统计分析，可初步判断不同层位不同地区所处的沉积环境。

沉积环境的氧化还原势态不同，则沉积物中有机碳和有机硫的分解、吸收及保存都有所差异，进而使 w（TOC）/ w（S）发生变化，具有环境指示的意义。一般认为 w（TOC）/ w（S）<10 为海相沉积，w（TOC）/ w（S）>10 为陆相沉积[7]。笔者主要通过 3 口取心井 14 块样品资料分析研究区内

[收稿日期] 2015-03-06
[基金项目] 中海油能源发展重大专项（E-J613D002）。
[作者简介] 段长江（1986-），男，硕士，工程师，现主要从事储层沉积研究工作，duanchangjiang@vip.qq.com。

w（TOC）、w（S）分布特征（表 1）。

表 1　研究区 C_2b-P_1t 的 w（TOC）和 w（S）统计表

井号	层位	深度/m	w（TOC）/%	w（S）/%	w（TOC）/w（S）	井号	层位	深度/m	w（TOC）/%	w（S）/%	w（TOC）/w（S）
LX-1 井	P_1t	2036.14	1.23	0.84	1.46	SM-3 井	P_1t	1963.9	0.04	0.01	4
LX-1 井	P_1t	2036.85	1.18	0.73	1.61	SM-3 井	P_1t	1964.73	0.07	0.01	7
LX-1 井	P_1t	2037.4	1.37	0.87	1.58	SM-3 井	P_1t	1967.29	1.96	0.81	2.42
LX-1 井	P_1t	2038.56	0.43	0.61	0.71	SM-3 井	P_1t	1969.91	1.64	0.44	3.73
LX-1 井	P_1t	2039.02	0.74	0.82	0.89	SM-3 井	C_2b	1971.37	0.04	0.22	0.18
LX-6 井	P_1t	1839.96	2.63	0.34	7.82	SM-3 井	C_2b	1972.87	0.07	0.09	0.78
LX-6 井	C_2b	1858.96	8.85	0.6	14.83	SM-3 井	C_2b	1973.81	0.13	0.16	0.81

区内 C_2b、P_1t 样品的 w（TOC）介于 0.04%～8.85%（平均 1.46%）；w（S）介于 0.01%～0.87%（平均 0.47%）；w（TOC）/ w（S）介于 0.18～14.83（平均 3.42），其中 92.8% 的样品 w（TOC）/ w（S）小于 10，故 C_2b、P_1t 沉积时以还原环境下的海相沉积为主。

1.2　微量元素分析

不同沉积环境的水介质物理化学条件不同，其元素的分散与聚集规律也不相同，故可利用沉积物微量元素及其含量进行古环境分析[8~12]，推断并反演其沉积时期的地质条件。

1.2.1　微量元素对古盐度的反应

应用 Sr 质量分数与 Ba 质量分数比值（w（Sr）/ w（Ba））法来分析。一般情况下，Sr 含量低指示潮湿的气候背景，反之指示干旱的气候背景。因为 w（Sr）/ w（Ba）是随着远离湖（海）岸而逐渐增大的，其值能定性的反映介质古盐度[13,14]。淡水与咸化湖水（海水）相混时，淡水中的 Ba^{2+} 与咸化湖水（海水）中的 SO_4^{2-} 结合生成 $BaSO_4$ 沉淀，而 $SrSO_4$ 溶解度较大，可以继续迁移到盐湖中央（远海），通过生物作用沉淀下来。一般来说 w（Sr）/ w（Ba）＞1 为咸（海相）水介质，w（Sr）/ w（Ba）＜1为淡水介质（陆相或海陆过渡相沉积）。研究区 P_1t 的 w（Sr）/ w（Ba）为 1.70，大于 1.0，故为海相沉积。

1.2.2　微量元素对环境氧化-还原性的反应

微量元素判断环境氧化-还原性的方法很多，笔者主要利用 V 质量分数与 Cr 质量分数比值（w（V）/ w（Cr））法、V 质量分数与 Ni 质量分数比值（w（V）/ w（Ni））法、Th 质量分数与 U 质量分数比值（w（Th）/ w（U））法这 3 种方法对研究区的氧化还原条件做分析。

Krejei-Graf 和 Dill 等人根据沉积岩的研究提出了沉积岩中 w（V）/ w（Cr）＜2 时表示氧化沉积环境，当 w（V）/ w（Cr）＞2 时表示沉积岩的沉积环境为缺氧环境。而 V 和 Ni 的地球化学性质较相近，趋向于富集在含硫化物的沉积岩中，但其聚集系数却不相同，通常情况下，w（V）/ w（Ni）＞1 为还原环境，反之为氧化环境。w（Th）/ w（U）是反映沉积环境的氧化-还原条件的重要参数，在还原条件下，w（Th）/ w（U）减少，而在氧化环境 w（Th）/ w（U）升高。

P_1t 的 w（V）/ w（Cr）为 15.17，w（V）/ w（Ni）为 1.33，w（Th）/ w（U）较小（为 2.02），均反映区内 P_1t 沉积时期为还原环境。

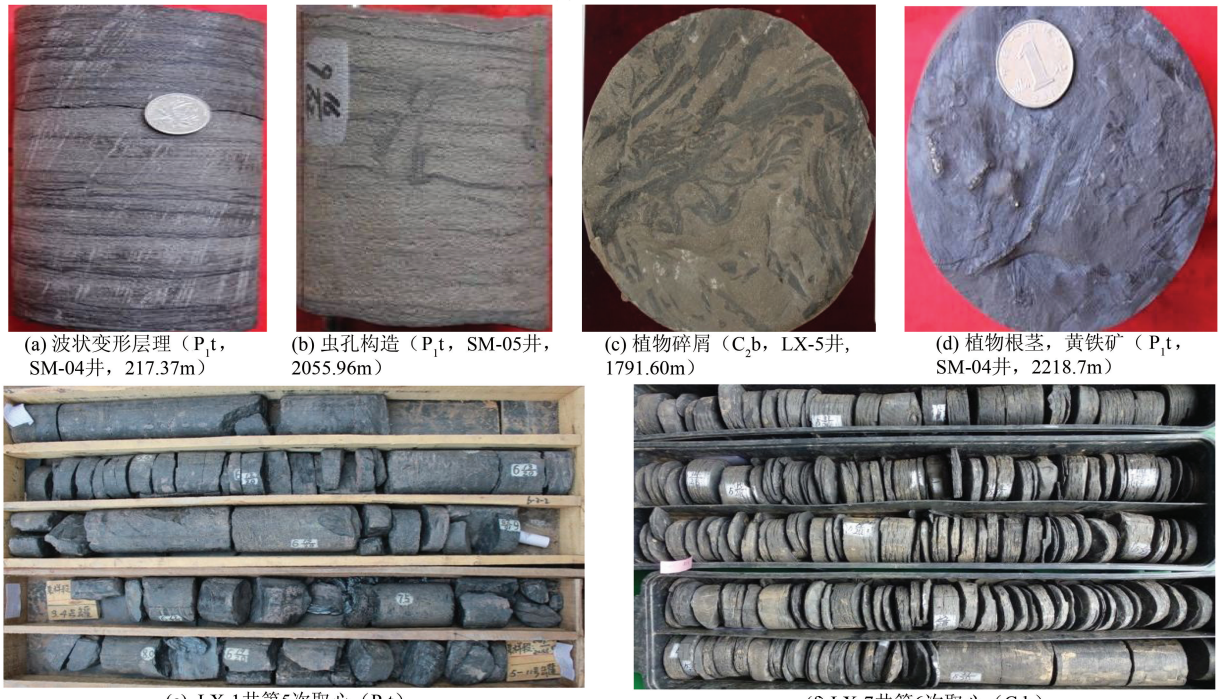
2　沉积特征及相分布

2.1　沉积特征

2.1.1　岩石学特征

C_2b-P_1t 砂岩主要岩性为灰白色-灰色粗砂岩，灰色中-细砂岩以及泥灰岩，中间夹少量泥质粉砂岩和粉砂质泥岩，发育各种流水成因的交错层理、波状层理、爬升层理、平行层理（图 1）等，分流河道底部可见冲刷面、递变层理，局部地区可见压模、锰结核、重荷模。C_2b-P_1t 的暗色泥质多为灰黑色、

灰色、深灰色等，植物化石丰富，富含植物根茎、植物碎屑、植物叶片及介壳等化石并发育黄铁矿，具水下还原环境沉积特征（图 1）。



(a) 波状变形层理（P_1t，SM-04井，217.37m）　(b) 虫孔构造（P_1t，SM-05井，2055.96m）　(c) 植物碎屑（C_2b，LX-5井，1791.60m）　(d) 植物根茎，黄铁矿（P_1t，SM-04井，2218.7m）

(e) LX-1井第5次取心（P_1t）　(f) LX-7井第6次取心（C_2b）

图 1　典型岩心照片

2.2　沉积相类型及其分布

在前人研究基础上，结合元素分析结果，初步判断研究区 C_2b-P_1t 多发育于海相水下环境中，通过对岩性、沉积构造等分析，笔者认为临兴地区 C_2b-P_1t 发育潮坪相沉积，主要发育潮间带的泥坪、沙坪和混合坪微相（表 2）。

C_2b 泥坪微相在研究区南部及北部均有发育，北部发育沙坪微相，主要以河道状的牵引流沉积为主，混合坪发育较多，分布于泥坪与沙坪之间（图 2（a））。P_1t 相较于 C_2b，泥坪微相主要发育于研究区南部，沙坪微相主要发育于北部地区（图 2（b））。

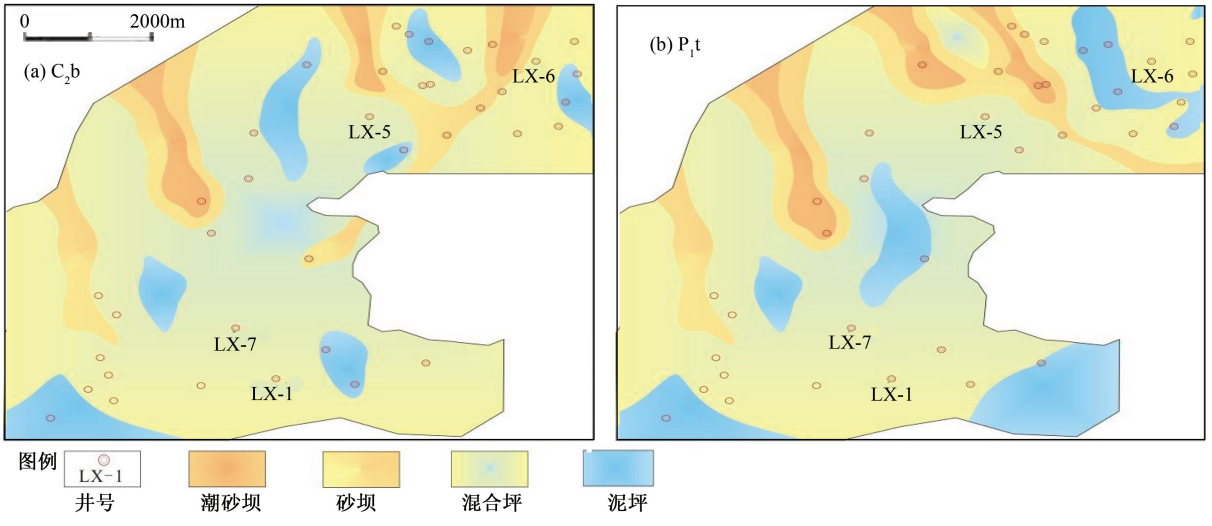
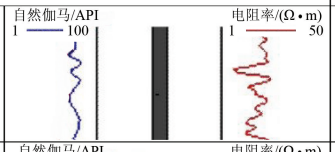
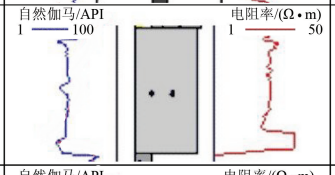
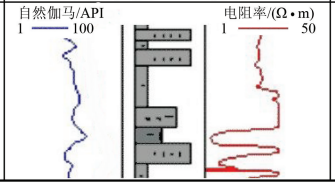


图 2　临兴地区 C_2b-P_1t 沉积相平面图

表2 临兴地区潮坪相沉积微相岩电特征

亚相	微相	岩性特征	韵律	测井响应		厚度/m
潮间带	泥坪	泥岩，粉砂质泥岩，碳质泥岩	韵律不明显	线形，近平直		3~11
	砂坪	细-中-粗粒岩屑砂岩	正韵律	中幅钟形-箱形，微齿化		2~22
	混合坪	细砂岩、粉砂岩与泥岩不等厚互层组成	复合韵律	中幅齿化钟形		4~37

3　结论

1）通过对岩心有机元素及微量元素统计分析表明临兴地区 C_2b-P_1t 为海相还原沉积环境。

2）结合钻井、岩心等特征的分析认为，临兴地区 C_2b-P_1t 为潮坪相沉积，主体由潮间带沉积物组成，岩石类型以砂、粉砂和泥岩为主，并有部分煤层。沉积相类型主要以潮坪相的潮间带亚相为主，发育泥坪、沙坪及混合坪微相。

[参考文献]

[1] 魏红红，彭惠群，李静群，等．鄂尔多斯盆地中部石炭—二叠系沉积相带与砂体展布［J］．沉积学报，1999，17（3）：403～408.

[2] 席胜利，王怀厂，秦伯平．鄂尔多斯盆地北部山西组、下石盒子组物源分析［J］．天然气工业，2002，22（2）：21～24.

[3] 郭军，陈洪德，王峰，等．鄂尔多斯盆地太原组砂体展布主控因素［J］．断块油气田，2012，19（5）：568～571.

[4] 席胜利，李文厚，刘新社，等．鄂尔多斯盆地神木地区下二叠统太原组浅水三角洲沉积特征［J］．古地理学报，2009，11（2）：187～194.

[5] 沈玉林，郭英海，李壮福，等．鄂尔多斯盆地东缘本溪组—太原组层序地层特征［J］．地球学报，2009，31（2）：187～193.

[6] 陈全红，李可永，张道锋，等．鄂尔多斯盆地本溪组—太原组扇三角洲沉积与油气聚集的关系［J］．中国地质，2010，58（2）：421～429.

[7] 李敏，颉永平．不同沉积地球化学特征对沉积环境的指示意义［J］．内蒙古石油化工，2010，20（16）：41～43.

[8] 常华进，储雪蕾，冯连君，等．氧化还原敏感微量元素对古海洋沉积环境的指示意义［J］．地质论评，2009，54（1）：91～99.

[9] 姚春彦，马东升，丁海峰，等．新疆阿克苏地区早寒武世碳酸盐岩沉积环境：微量元素和碳同位素证据［J］．地球化学，2011，40（1）：63～71.

[10] 李俊花，白光勇，张谊理．孤东油田上第三系馆陶组上段微量元素的分布特征及沉积环境分析［J］．中国石油大学学报（自然科学版），1993，35（3）：114～117.

[11] 张义纲．油气地球化学的若干展望［J］．石油实验地质，2005，26（5）：64～69，81.

[12] Rimmer S M. Geochemical paleoredox indicators in Devonian-Mississippian black shales，Central Appalachian Basin（USA）［J］．Chemical Geology，2004，206（3/4）：373～391.

[13] 杨县超．鄂尔多斯盆地吴定地区晚三叠世早期的沉积环境与古地理演化［D］．西安：西北大学，2009.

[14] 罗梅．沉积岩石氧化-还原性能参数研究及在沉积相分析中的应用［J］．岩相古地理，1993，14（3）：52～61.

［编辑］　邓磊