

文章编号: 1000-0550 (2005) 02-0240-08

巴彦浩特盆地石炭系沉积相及沉积演化

卫平生^{1,2,3} 李天顺³ 李安春² 王建功^{3,4}

1(中国科学院海洋研究所 山东青岛 266071)

2(中国科学院研究生院 北京 100039)

3(中国石油勘探开发研究院西北分院 兰州 730020)

4(中国地质大学 北京 100083)

摘要 研究了巴彦浩特盆地石炭系的沉积类型及特征,探讨了石炭系不同阶段的沉积演化。巴彦浩特盆地石炭系发育泻湖—潮坪、三角洲—扇三角洲及滨—浅海三大沉积体系。沉积演化经历了早期蒸发性海湾、中期浅海盆地、晚期陆缘广海的过程。泻湖相堡坝亚相、三角洲相前缘亚相以及滨海相席状砂亚相是砂岩储层分布和发育的最有利相带。

关键词 巴彦浩特盆地 石炭系 沉积演化

第一作者简介 卫平生 男 1965年生 博士研究生 高级工程师 石油地质

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

1 引言

巴彦浩特盆地位于内蒙古自治区中西部,面积约 $2 \times 10^4 \text{ km}^2$,区域构造上处于鄂尔多斯地块、阿拉善地块和祁连山褶皱带三大构造单元交汇处,是叠置在贺兰拗拉槽与华北地块大陆边缘上的由内陆石炭系坳陷与中生代断陷双层构造叠置而成的一个复合盆地(图 1)。

巴彦浩特盆地的油气勘探经历了几上几下的历程而未获得突破,关键在于储层,而储层的分布及其物性的变化又严格受沉积相的控制,因此对沉积相及其沉积演化研究将是巴彦浩特盆地油气勘探获得突破的关键。而前人对盆地石炭系沉积相的研究仅仅局限于区域沉积研究^[1],对盆地内石炭系的分布、沉积相及演化涉及很少。本文根据盆地周缘露头 and 盆地内石油钻井详细分析了石炭系的沉积特征及沉积演化。

2 油气地质概况

盆地形成及演化的研究表明,巴彦浩特盆地经历了太古代—早元古代结晶基底形成、中晚元古代贺兰拗拉槽形成、古生代贺兰拗拉槽发育及中—新生代断陷湖盆形成四个发展阶段。根据构造形态、成因类型及分布规律,结合区域地质背景,可将巴彦浩特盆地划分成西部断陷、中部隆起、东部坳陷及南部坳陷四

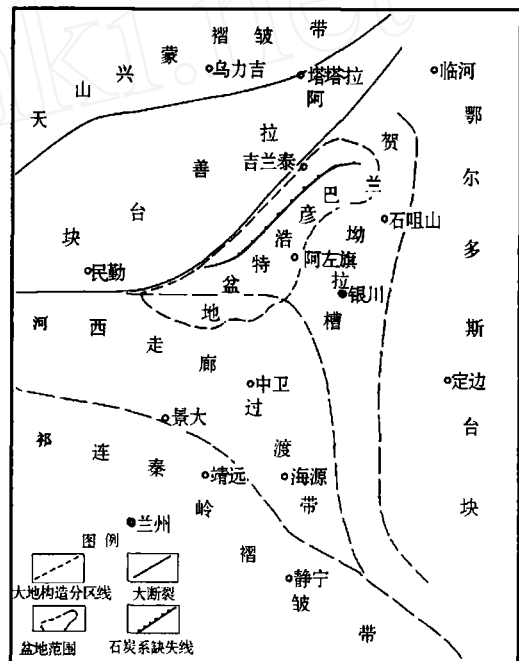


图 1 巴彦浩特盆地大地构造位置图

Fig 1 Tectonic location of Bayanhot basin

个一级构造单元^[2]。

根据对巴彦浩特盆地周缘地面露头、盆内石油钻井(巴参 1 井,巴参 2 井,锡 1 井,巴参 3 井,锡 2 井)、地震剖面等多方面的综合研究,巴彦浩特盆地的主要

勘探目的层为石炭系,主要分布于盆地的西、南缘,属滨浅海—海陆交互沉积,发育三角洲、潮坪、泻湖、滨浅海沉积体系,是古生代贺兰坳拉槽活动海水从西南向东北逐渐漫进的沉积产物^[3,4]。石炭系划分为下石炭统前黑山组(C_{1q})和臭牛沟组(C_{1c})、中石炭统靖远组(C_{2j})和羊虎沟组(C_{2y})、上石炭统太原组(C_{3t});主要生油层系为中、下石炭统臭牛沟组、靖远组、羊虎沟组的暗色泥岩、煤层及灰岩,具有厚度大(300~760 m)、有机质丰度较高(有机碳含量平均 3.23%,氯仿沥青“A”含量平均 0.0806%)、有机质类型较好(Ⅰ型和Ⅱ型)、有机质达成熟—高成熟阶段(R₀=0.5%~1.05%)的特点^[5];地表露头岩石晶洞中的油苗、裂隙中的原油及沥青脉、石膏及重结

晶石英中的气、液烃包裹体以及石油钻井(巴参 2 井,锡 1 井)中的油斑和油迹显示,均表明盆地中发生过油气的生成和运移;第三次油气资源评价结果表明,巴彦浩特盆地石炭系具有 5 × 10⁸ ~ 7 × 10⁸ 吨油和 100 × 10⁸ ~ 700 × 10⁸ m³ 天然气资源量,表明该盆地是一个较有远景的含油气盆地。

3 沉积相类型及特征

依据岩石类型、层序组合、沉积构造、粒度特征、生物化石组合、微量元素及粘土矿物特征等,可将巴彦浩特盆地石炭系划分为泻湖—潮坪、三角洲—扇三角洲及滨—浅海三大沉积体系、7 种沉积相类型和 18 种沉积亚相,见图 2。

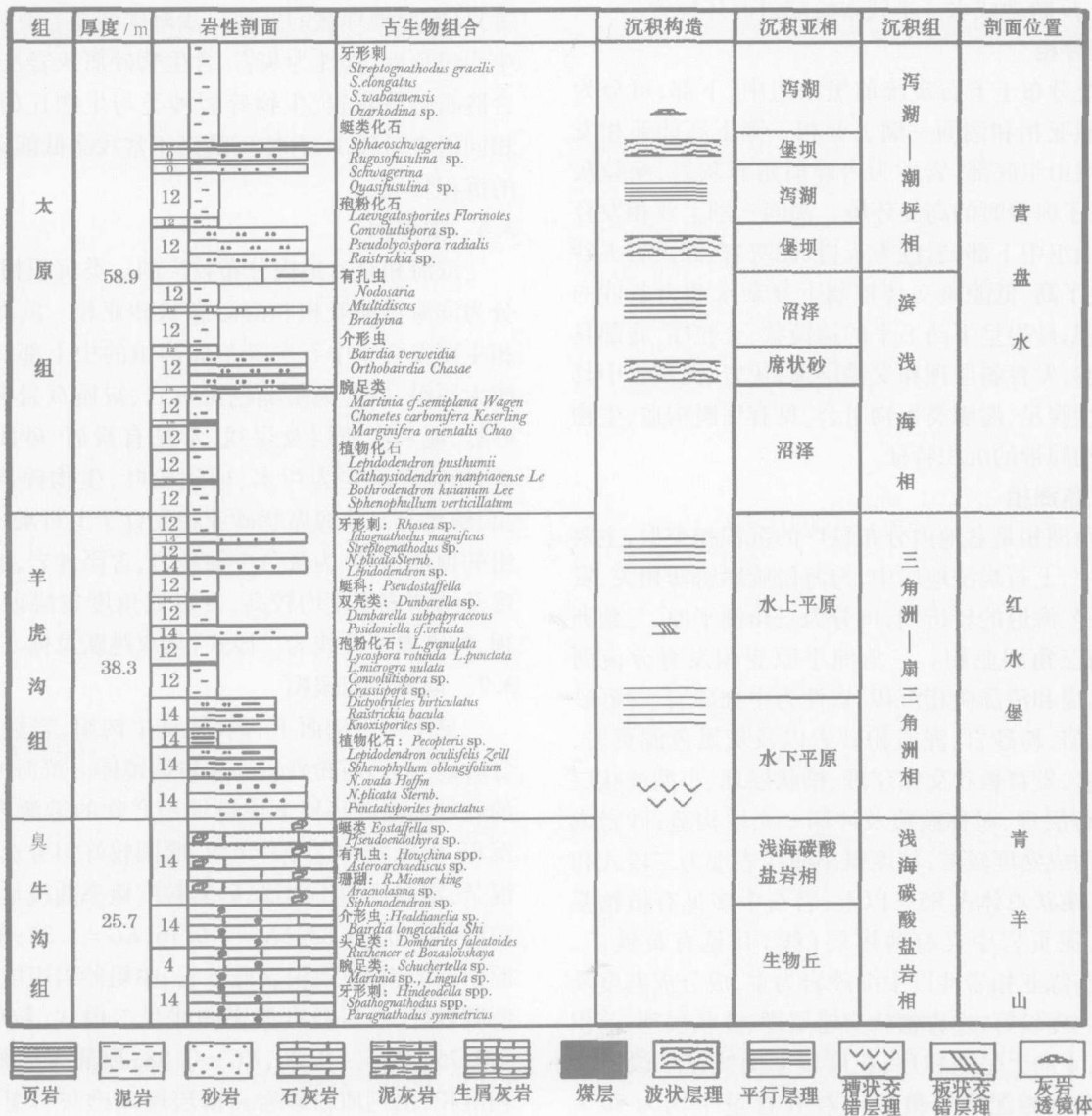


图 2 巴彦浩特盆地石炭纪沉积相剖面图

Fig 2 Carboniferous sedimentary facies in Bayanhot basin

3.1 泻湖相

泻湖相是盆地内分布最广的沉积相类型,主要分布于中、上石炭统地层中,可分为堡坝亚相、泻湖亚相,两个亚相在垂向上相互叠置,横向上相互过渡。堡坝亚相岩性主要为灰白色石英砂岩、长石石英砂岩,成分成熟度及结构成熟相对较好;发育低角度斜层理、反粒序递变层理、小型波状层理及波痕;粒度曲线二段式为主。泻湖亚相岩性以灰及灰黑色泥页岩、碳质页岩为主,夹砂岩、泥灰岩薄层或透镜体,富含菱铁矿、黄铁矿结核,反映了静水弱还原的沉积环境特点;生物组合表现为喜温湿的羊齿类、芦木等与广盐性腹足、瓣鳃类相共生的特点;泥质岩微量元素 B 含量平均为 102×10^{-6} , Sr/Ba 平均为 0.46, V/Ni 平均为 5.21, 反映微咸水—半咸水海陆过渡环境^[6]。

3.2 潮坪相

主要分布于下石炭统前黑山组中、下部,可分为潮下高能亚相和潮间—潮上亚相。潮下高能亚相发育于前黑山组底部,岩性为内碎屑角砾灰岩、鲕粒灰岩,反映了海侵时的高能环境。潮间—潮上亚相发育于前黑山组中下部,岩性为灰岩、泥灰岩、泥页岩夹砂岩,反映了高、低能量交替控制下复杂水动力条件的混合沉积;砂岩呈下凸上平的透镜状,正粒序,底部具冲刷构造,发育斜层理和交错层理;灰岩、泥灰岩中具有广盐性腹足、瓣鳃类生物组合,见有鸟眼构造、生物钻孔等潮间带的沉积特征。

3.3 三角洲相

三角洲相是盆地内分布较广的沉积相类型,主要分布于中、上石炭统地层中,与海侵旋回密切相关,发育于海侵、海退的转折期,可分为三角洲平原、三角洲前缘、前三角洲亚相。三角洲平原亚相发育分流河道、天然堤和沼泽微相沉积,岩性为中细砂岩、含砾砂岩、细砾岩、粉砂岩、泥质粉砂岩以及灰黑色泥页岩、碳质页岩,发育板状交错层理、槽状层理、小型波状层理和平行层理、对称波痕及冲刷—充填构造;砂岩成分及结构成熟度较差,粒度概率曲线表现为三段式和二段式,跳跃总体占 85% 以上;岩石中多见有植物茎干碎片,泥页岩中夹有薄煤层(线)并见有黄铁矿。三角洲前缘亚相岩性以中细砂岩为主,成分成熟度及结构成熟度较好,发育槽状交错层理、波状层理、前积斜层理,垂向上呈逆粒序;粒度概率曲线以二段式为主。三角洲相泥质岩微量元素 B 含量平均为 79×10^{-6} , Sr/Ba 平均为 0.36, V/Ni 平均为 4.79, 反映海陆过渡环境。

3.4 扇三角洲相

发育于下石炭统臭牛沟组底部,具有底部浅灰色细砾岩及砾状砂岩、中部灰白色中细砂岩、顶部灰黑色泥岩及粉砂质泥岩的三层结构特征。砂岩粒度概率曲线底部砾状砂岩表现为三段式,中部中细砂岩表现为二段式,跳跃总体占 85% 以上;顶部泥岩中见有舌形贝、羊齿类等浅水生物化石组合。

3.5 浅海碳酸盐岩相

发育于下石炭统臭牛沟组顶部,可分为生物丘(滩)亚相和浅海碳酸盐岩亚相。生物丘(滩)亚相位于浅海碳酸盐岩亚相之下,岩性为生物碎屑灰岩和生物碎屑泥灰岩,生物碎屑含量可达 38% ~ 82%, 主要为海百合、珊瑚、苔藓、有孔虫、棘屑、腕足及瓣鳃类等,具有原地埋藏的特征。浅海碳酸盐岩亚相位于臭牛沟组顶部,岩性为灰岩、含生物碎屑灰岩及泥灰岩、含燧石结核灰岩,生物碎屑种类与生物丘(滩)亚相相同但含量较少,总体反映出正常浅海低能碳酸盐岩的沉积环境。

3.6 滨海相

滨海相是盆地内分布较广的一类沉积相类型,可分为滨海沼泽亚相和滨海席状砂亚相。滨海沼泽亚相主要发育于中石炭统羊虎沟组的中上部和上石炭统太原组,岩性为灰黑色泥页岩、炭质页岩夹泥质粉砂岩、泥灰岩薄层及煤线,常见有炭屑、砂团及黄铁矿,植物碎屑主为芦木、柯达轮叶,生物碎屑为介形虫、腕足等。滨海席状砂亚相发育于上石炭统前黑山组的顶部,岩性为灰色中细砂岩、含砾砂岩,成分成熟度及结构成熟度均较高,发育低角度斜层理、平行层理,粒度概率曲线为二段式,具双跳跃总体。

3.7 滨海冲积扇相

见于毛山剖面下石炭统臭牛沟组,岩性为砾岩、含砾砂岩、钙质粉砂岩夹灰岩透镜体。滨海冲积扇相的底部为高能环境下快速堆积产物的近源内扇亚相沉积,由砾岩和巨砾岩组成,磨圆较好但分选差,大小混杂,定向排列不明显,砂岩粒度概率曲线呈三段式,粒度参数 $\phi = 0.83$, $SK = -0.16$, $KG = 1.34$; 中部为近源中扇亚相沉积,由含砾砂岩、中粗砂岩组成,分选及磨圆较好,砂岩粒度概率曲线呈二段式,粒度参数 $\phi = 0.75$, $SK = -0.06$, $KG = 0.88$; 顶部为远源外扇亚相沉积,由钙质粉砂岩夹薄层珊瑚礁灰岩组成,砂岩粒度概率曲线呈二段式,粒度参数 $\phi = 0.46$, $SK = 0.02 \sim 0.08$, $KG = 1.0 \sim 1.41$ 。

4 沉积演化

巴彦浩特盆地石炭纪沉积经历了早期蒸发性海湾、中期浅海盆地、晚期陆缘广海这样一个由小—大—衰亡的沉积演化过程。

早石炭世早期(前黑山期):随着海水自西南向东北的侵入,盆地内早石炭世沉积范围不断向东北方向扩大,超覆于晚泥盆纪沉积之上;在青羊山以西是灰黑、灰色中厚层灰岩与生物碎屑灰岩的滨浅海到潮坪相沉积,青羊山以东、中宁及中卫以北是以钙质泥岩、钙质砂岩为主夹少量白云岩、石膏透镜体等蒸发性海湾的咸化—半咸化泻湖沉积区;该时期的沉积中心位于青羊山—大石头井沟一带,陆源碎屑物主要来

自盆地北部的阿拉善古陆(见图 3)。

早石炭世晚期(臭牛沟期):该时期出现了大范围海浸,盆地水域向北扩展到巴参 2 井以东,这时除盆地北沿、东北缘是扇三角洲、三角洲相,骡子山以南为潮坪、泻湖相沉积外,盆内广大地区都为碳酸盐浅海陆棚相、滨浅海相沉积。盆地中除充填砂岩、泥岩与生屑灰岩外,在半个山地区还沉积了具亮晶结构的厚层一块状清水碳酸盐岩。生物门类增多,出现了有孔虫—珊瑚等浅海生物化石组合,且多以原地堆积为主。表明此时期海水较深,为温暖潮湿、生物繁盛的古气候环境。该时期的沉积中心位于大石头井沟一带,物源区主要为北部的阿拉善古陆,盆地西缘的龙首山、南缘的古祁连隆起为次要物源(见图 4)。

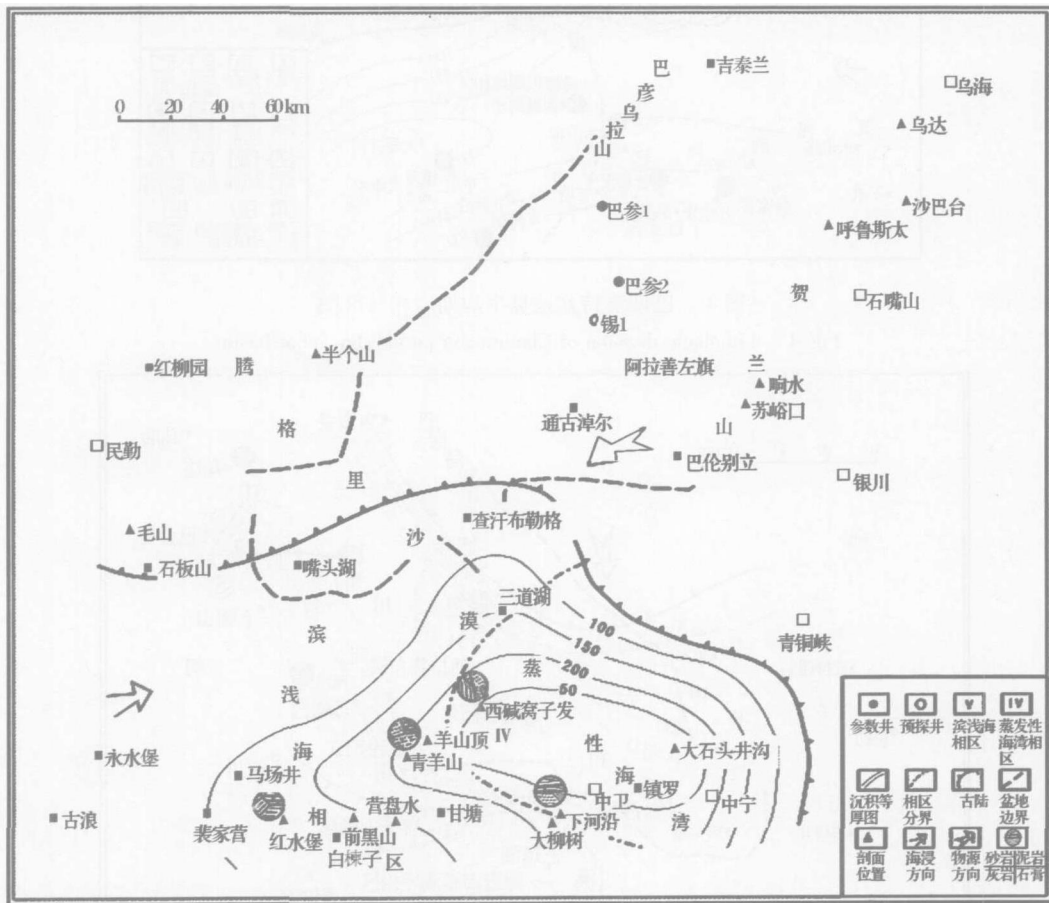


图 3 巴彦浩特盆地前黑山期岩相分区图

Fig 3 Lithologic division of pre-Heishan period, Bayanhot basin

中石炭世早期(靖远期):海水进一步扩展,向东已侵入到贺兰山北段地区,盆地水域较臭牛沟期时明显扩大。这时,盆地沉积环境由滨浅海相、三角洲相、扇三角洲相和潮坪、泻湖相组成。臭牛沟期碳酸盐浅海

陆棚环境已不复存在,巴参 2 井臭牛沟组厚层一块状生物灰岩已被靖远组薄层泥晶灰岩零星出现在砂泥岩互层之中所取代。盆地东缘北部地区进积型三角洲已十分发育,与水下三角洲侧向共生的滨外浅海陆棚生

屑灰岩在地层中呈薄层状出现。盆内及周缘靖远组地层剖面中碳酸盐岩所占地层比重较臭牛沟组明显减少。地层中植物化石含量也呈增多趋势。上述资料说

明,尽管靖远期盆地水域比臭牛沟期有所扩大,但盆地水体深度则是靖远期较臭牛沟期浅。该时期的沉积中心及物源区与臭牛沟期基本相同(见图 5)。

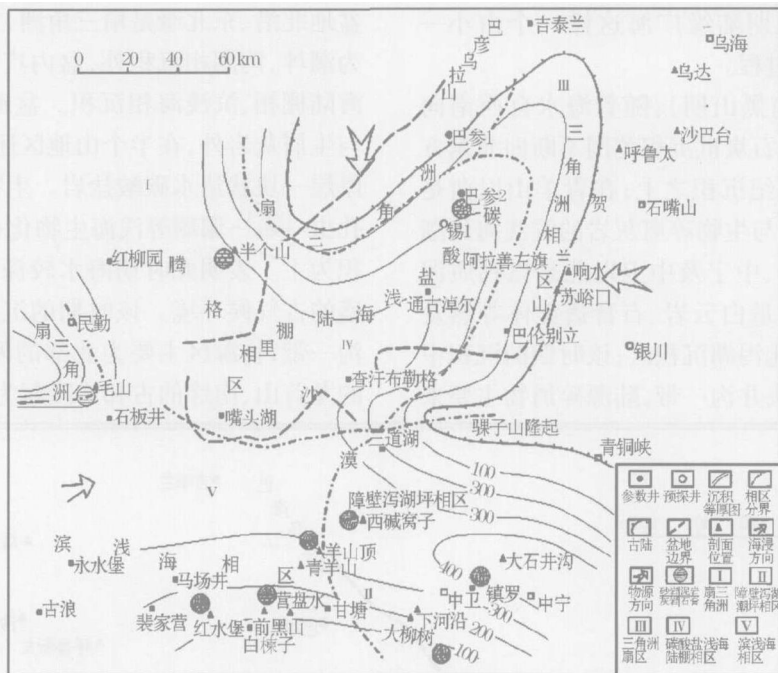


图 4 巴彦浩特盆地臭牛沟期岩相分区图

Fig 4 Lithologic division of Chouniugou period, Bayanhot basin

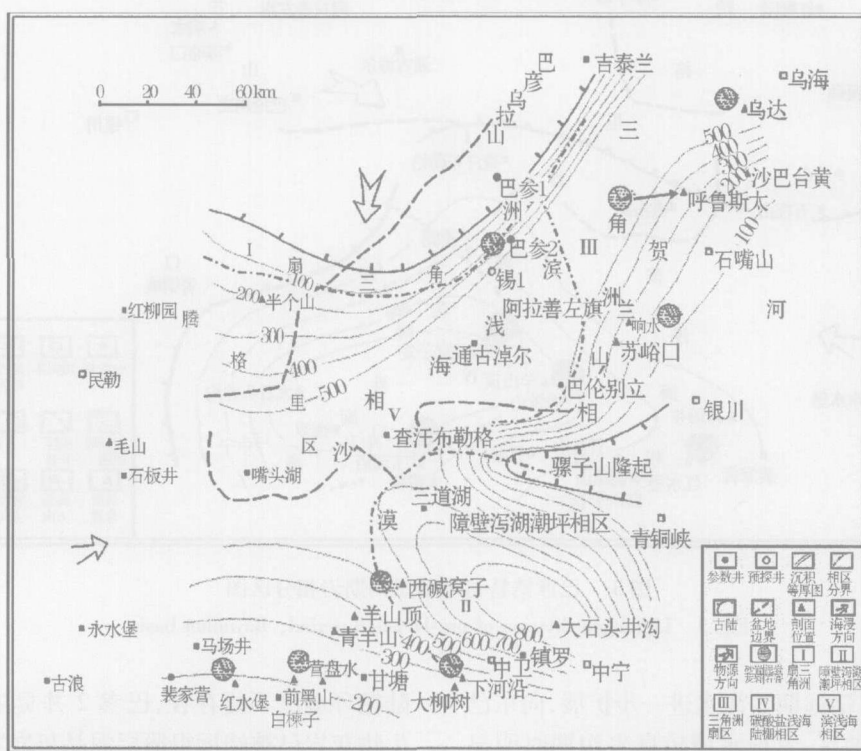


图 5 巴彦浩特盆地靖远期岩相分区图

Fig 5 Lithologic division of Jinyuan period, Bayanhot basin

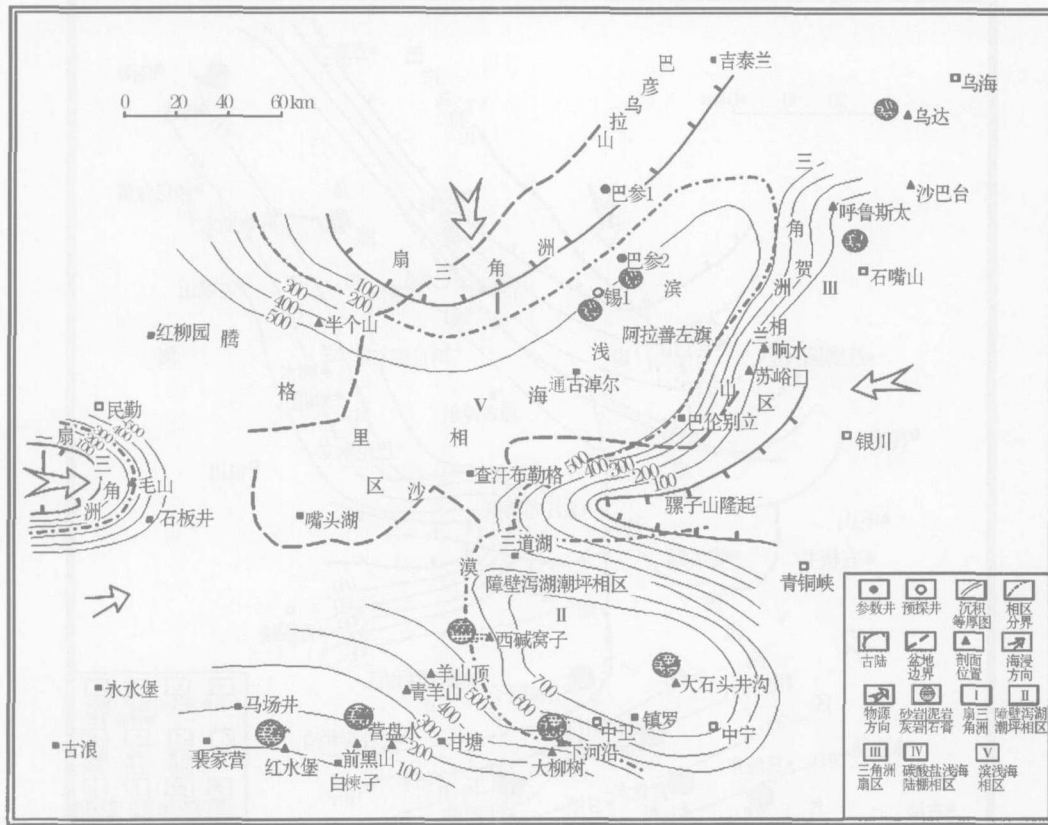


图 6 巴彦浩特盆地羊虎沟期岩相分区图

Fig 6 Lithologic division of Yanghugou period, Bayanhot basin

中石炭世晚期(羊虎沟期):盆地地理格局与靖远期基本一致,所不同的是:盆地东北部三角洲体系进一步向盆地内部推进,巴参 2 井靖远组滨浅海相沉积为主逐步过渡到羊虎沟组地层以三角洲相沉积为主;呼鲁斯太、乌达等地羊虎沟组地层中三角洲平原相沉积物增多。盆地东南缘出现了潮坪泻湖相沉积环境,取代了靖远期障壁泻湖潮坪相带。碳酸盐岩厚度减少;煤和炭质泥岩厚度呈增大趋势。广盐度腹足类、双壳类化石及植物化石在地层中出现频繁。这些足以证明,进入羊虎沟期后盆地水体深度呈进一步变浅之趋势(见图 6)。

晚石炭世(太原期):盆地处于总体缓慢沉降的背景之下,沉积范围继续扩大,向东与华北海连成一片。差异沉降变小,沉积厚度减薄,煤系地层十分发育。盆地形态已由海湾型转化为广阔的陆缘海,东缘地区的三角洲沉积体系继续向西推进,冲积平原相开始出现,滨浅海水域进一步向西退缩。呼鲁斯太地区出现三角洲平原河道砂岩及广泛分布的沼泽环境已表明沉积水体更趋变浅,海相盆地开始逐步走向衰

亡。盆地北部的阿拉善古陆仍为主要物源区,盆地东缘的陇西古陆、古祁连隆起为次要物源区(见图 7)。

5 结论

(1) 巴彦浩特盆地石炭系发育泻湖—潮坪、三角洲—扇三角洲及滨—浅海三大沉积体系,泻湖相、三角洲相及滨海相是盆地中石炭系分布较广的沉积相类型。泻湖相堡坝亚相、三角洲相前缘亚相以及滨海相席状砂亚相中的石英砂岩、长石石英砂岩是砂岩储层分布和发育的最有利相带。

(2) 巴彦浩特盆地石炭纪沉积经历了早期蒸发性海湾、中期浅海盆地、晚期陆缘广海这样一个由小—大—衰亡的沉积演化过程。早石炭世早期海水自西南向北东的侵入使滨浅海到潮坪相碳酸盐岩超覆于晚泥盆纪沉积之上,早石炭世晚期和中石炭世早期大范围的海浸形成盆地中部滨浅海相沉积和边缘部三角洲相、泻湖相沉积格局,中石炭世晚期盆地水体的变浅加速了盆地东北部三角洲沉积体系的发育,

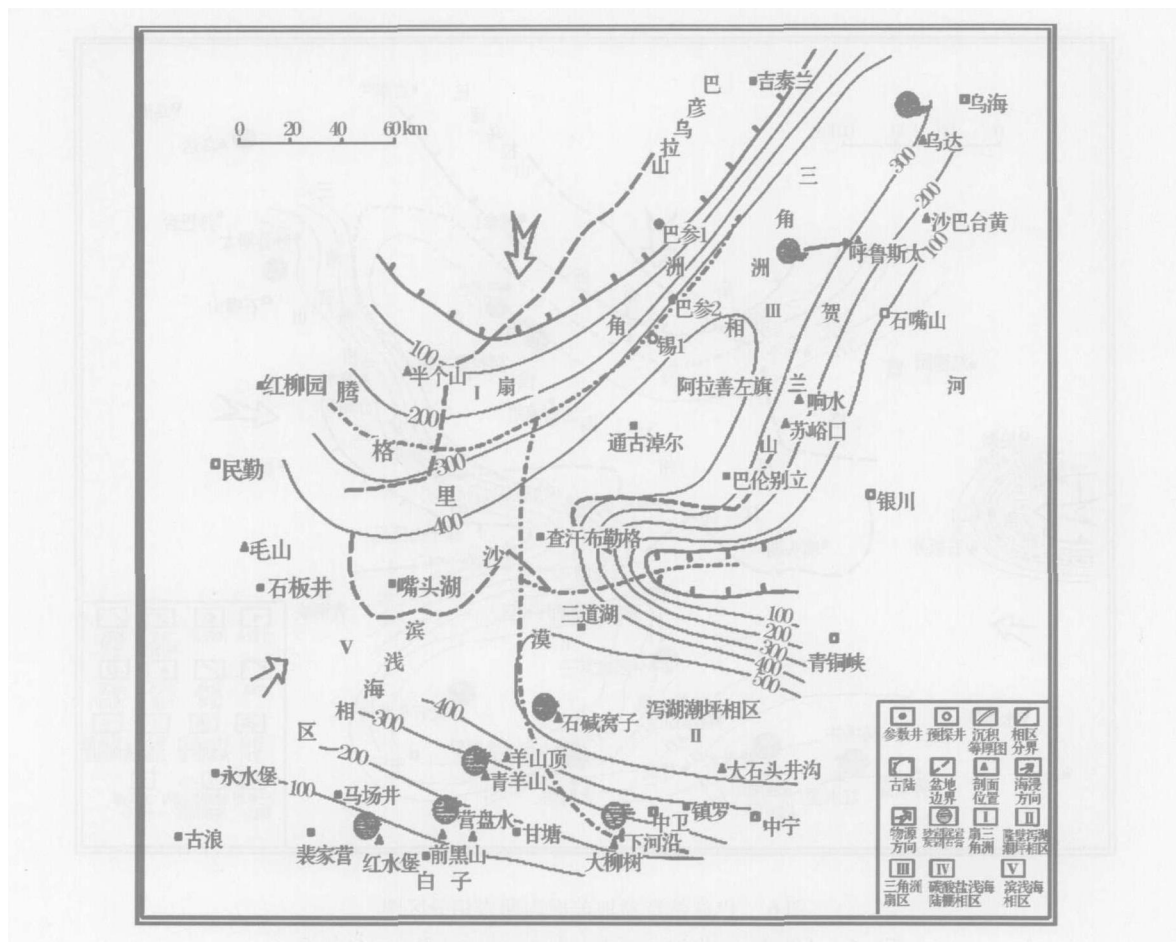


图 7 巴彦浩特盆地太原期岩相分区

Fig 7 Lithologic division of Taiyuan period, Bayanhote basin

晚石炭世盆地沉降速度的减慢使盆地发育三角洲平原和沼泽相沉积。

参考文献 (References)

- 1 西安地质学院, 玉门石油管理局开发研究院. 甘肃河西走廊东部地区石炭纪和二叠纪地层以及沉积相和生储条件研究. 西安: 西北大学出版社, 1989 [Xi'an Geology College, Yumen Petroleum Bureau Study on sedimentary facies, sources rock and reservoirs of the Carboniferous and Permian in the western of Gansu Xi'an: Northwest University Press, 1989]
- 2 刘绍平. 巴彦浩特盆地的构造类型. 西南石油学院报, 2003, 24 (3): 24 ~ 27 [Lin Shaopin Tectonic characteristic of Bayanhote Basin Journal of Southwest Petroleum College 2003, 24 (13): 24 ~ 27.
- 3 王增吉. 中国地层 (8)—中国的石炭系. 北京: 地质出版社, 1990 [Wang Zengji Chinese Strata (8): Carboniferous Beijing: Geological Publishing House, 1990]
- 4 林畅松, 等. 贺兰拗拉槽盆地充填演化分析. 北京: 地质出版社, 1995 [Lin Changsong, et al Filling evolution of Holan trough Beijing: Geological Publishing House, 1995]
- 5 曹代勇. 河西走廊—巴彦浩特盆地石炭系含油气远景. 西北地质, 2003, 36 (1): 63 ~ 69 [Carboniferous in Bayanhote Basin Northwest Geology, 2003, 36 (1): 63 ~ 69]
- 6 刘宝珺. 沉积岩石学. 北京: 地质出版社, 1980 [Liu Baojun Sedimentary Petrology Beijing: Geological Publishing House, 1980]

Carboniferous Sedimentary Evolution and Reservoir Estimation in Bayanhot Basin

WEI Ping-sheng^{1,2,3} LI Tian-shun¹ LI An-chun² WANG Jian-gong^{3,4}

1(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao Shandong 266071)

2(Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039)

3(Northwest Branch of PetroChina, Lanzhou 730020)

4(China University of Geoscience, Beijing 100083)

Abstract This paper researched sedimentary styles and characteristics and discussed about Carboniferous sedimentary evolution of different stages, and, furthermore, analyzed characteristics and distribution of carboniferous clastic reservoir, and main controlling elements of geophysical attribution in order to carry out integrative estimation of reservoir in Bayanhot basin. Bayanhot basin has three depositional systems including lagoon-tidal flat, delta-fan delta and offshore shallow sea. Sedimentary evolution underwent three stages included in the evaporation sea bay of the earlier stage, shallow sea basin of the middle stage, extensive sea of the continental margin. Sand bar sub-facies of lagoon, front delta, sheet sandstone of offshore sea are the best sedimentary facies belts for the oil & gas accumulation.

Key words Bayanhot basin, Carboniferous, sedimentary evolution

www.cnki.net