

文章编号:1000-0550(1999)增-0728-06

苏打湖型的湖相碳酸盐岩特征及沉积模式^①

黄杏珍¹ 闫存凤² 王随继³ 邵宏舜¹ 妥进才¹
王寿庆⁴ 何祖荣⁴

1(中国科学院兰州地质研究所 兰州 730000) 2(西北石油地质研究所 兰州 730020)
3(北京大学城市与环境学系 北京 100871) 4(河南石油局勘探开发研究院 河南南阳 473132)

摘要 淡水湖泊在咸化为盐湖或碱湖过程中必然经历湖相碳酸盐岩沉积阶段,但至今在国内、外湖相碳酸盐岩研究仍处于湖泊沉积学研究的极薄弱领域。我国第三系古湖泊具有不同的演化方向,大多数向盐湖演化(沉积盐岩)^[1],泌阳凹陷则不同,它向苏打湖演化(沉积碱岩),因而将泌阳凹陷作为向苏打湖演化的典型代表加以剖析,对于对比研究不同类型湖泊中湖相碳酸盐(岩)发育特征和建立沉积模式不仅具有重要的理论意义,而且对评价油气潜能和指导油气勘探也十分有意义。

关键词 苏打湖型 碳酸盐岩 沉积模式

第一作者简介 黄杏珍 研究员 1938年出生 石油地质及沉积学专业

中图分类号 P588.24⁺⁴ **文献标识码** A

泌阳凹陷位于河南省南部唐河县与泌阳县之间(图1),它是南阳—襄樊盆地的一个次级凹陷属小型山间断陷,面积约1 000 km²。本文重点研究下第三系核桃园组湖相碳酸盐(岩),研究范围集中于凹陷中心白云岩分布区兼顾凹陷周边有代表性的相带区。共观察了云1、2井,泌96、185、93、64、73井和王15井等八口井岩心,将其拼接为下第三系剖面,采样467块进行了薄片染色鉴定,粒度、盐度、元素等分析和菌藻类鉴定,获得岩心照片和薄片照片约700张,依此作为本文研究的基础资料。

1 地质概况

1.1 构造

泌阳凹陷在大地构造上位于扬子板块与华北板块接合部位的秦岭褶皱带上,它在统一的陆壳板块基底上发展而成。其形成主要受南部北西西向唐河—栗园和北北东向栗园—泌阳两组边界张性大断裂的控制,沉降和沉积中心在两边界断裂交汇处的安棚—安店一带,沉积层最厚可达8 000 m以上,受早(K₂—E₃)和晚(N₁—Q)喜马拉雅期构造变动影响,区域构造有明显的差异,表现为凹陷自北而南可分为北部缓坡带,中部深凹带和南部陡坡带三个构造

单元(见图1),并且从南向北,从东向西基底逐渐抬升,在剖面上构成南深北浅,东深西浅的箕状断陷。

1.2 地层和沉积相

泌阳凹陷下第三系地层和沉积相由老到新为:1)玉皇顶组:冲积平原相厚达2 000 m;2)大仓房组:湖泊已具雏形,但气候干热,为浅水含碱滨湖相,厚度约2 000 m;3)核桃园组:自下而上分为核三(H₃)(又可分为H₃⁸~H₃³)、核二(H₂)(又可分为H₂²~H₂¹)和核一(H₁)三个段,核三至核二段为一套暗色

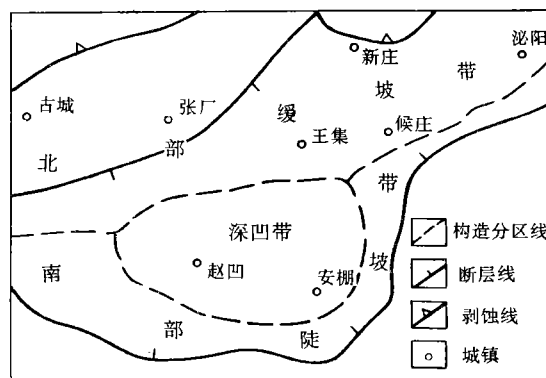


图1 泌阳凹陷位置和构造单元
Fig. 1 Location and structure unites of Biyang Depression

① 国家自然科学基金资助项目(批准号:49872048)
收稿日期:1999-06-23

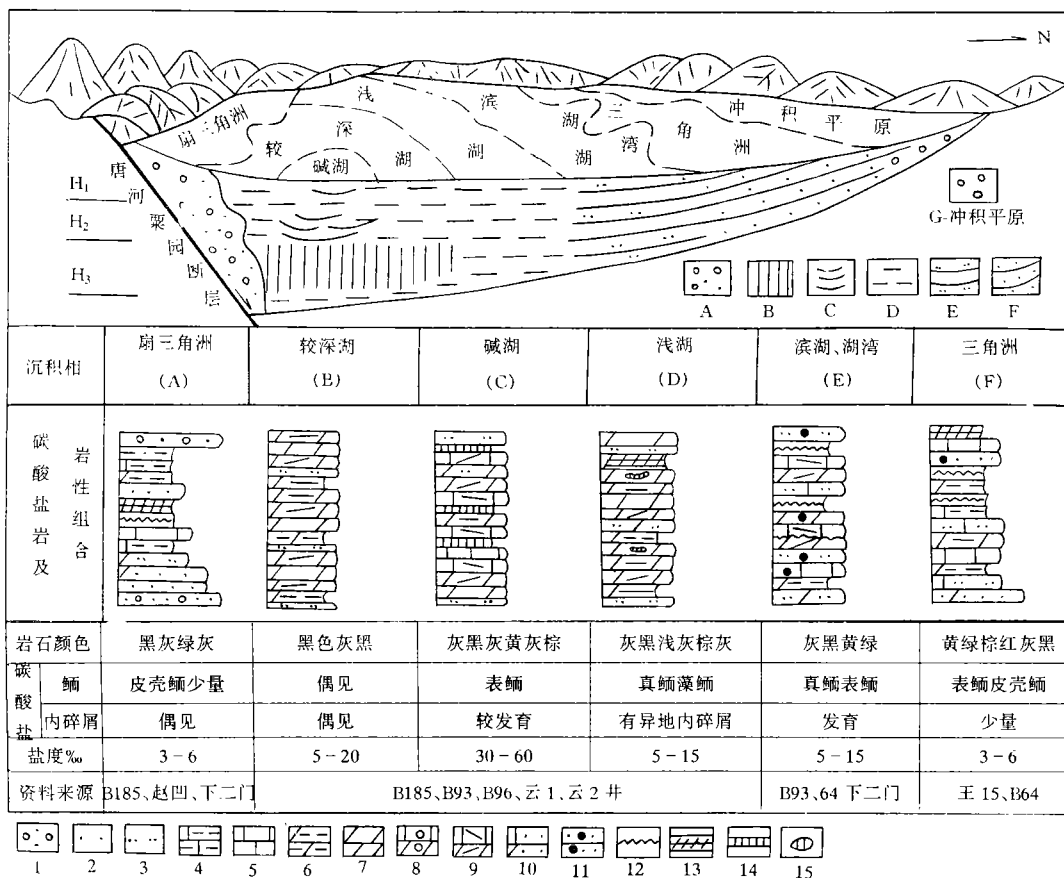


图2 泌阳凹陷下第三系沉积相和湖相碳酸盐岩沉积模式

1. 砂砾岩; 2. 砂岩; 3. 粉砂岩; 4. 灰质泥岩; 5. 灰泥岩; 6. 云质泥岩; 7. 云泥岩; 8. 上: 粒屑灰泥岩, 下: 粒屑云泥岩; 9. 上: 铁方解石岩, 下: 铁白云石岩; 10. 上: 灰质砂岩, 下: 云质砂岩; 11. 粒屑砂岩; 12. 隐藻纹层岩; 13. 油页岩; 14. 碱岩; 15. 碱团块

Fig. 2 The Eocene sedimentary facies and depositional models of lacustrine carbonate rocks in Biyang Depression

泥质白云岩, 白云质泥岩夹薄层粉、细砂岩为主的沉积, 此时唐河—栗园边界断裂活动加剧, 凹陷持续强烈下沉, 气候由干旱转为相对潮湿, 形成山高水深的较深湖沉积, 但从核三段上部至核二段气候复又变干, 构造活动减弱, 湖水略有变浅, 在凹陷中心出现一套泥质白云岩, 白云岩夹多层薄天然碱层沉积, 为浅湖和碱湖相, 厚度达 2 800 m; 核一段为灰色、灰绿色泥岩褐色油页岩夹同色粉砂岩偶夹粗砂岩, 显示凹陷中水体明显收缩变浅, 且淡化为滨、浅湖相沉积, 厚度约几百米; 4) 廖庄组: 为河流—冲积平原相, 凹陷抬升, 沉积体遭受剥蚀。

沉积相带的展布由图 2 可见, 在凹陷南缘陡坡带发育规模较大的扇三角洲相砂体, 北缘缓坡带从湖盆边缘向中心分别为冲积平原相, 三角洲相, 滨湖、湖湾相和浅湖相, 而较深湖相仅分布在凹陷中心的赵凹—安棚一带并夹有浊积相沉积。碱湖相重叠

在较深湖相带内, 表明它是在炎热干旱气候下, 封闭一半封闭的较深湖湖水变浅进一步蒸发浓缩而形成的产物。

2 苏打型湖碳酸盐(岩)特征

2.1 灰泥岩片(前人称钙片页岩)特征

自生方解石呈晶粒状他形晶和自形晶, 假亮晶和亮晶状, 并分散于砂、泥岩或蒸发岩中, 碎屑岩胶结物次序多数为泥质或云泥环边→铁白云石→铁方解石最后在孔隙中心沉淀方解石, 这是由于泌阳苏打型湖原始化学成份中钙离子(Ca²⁺)贫乏。据 57 个样品统计 Ca²⁺/Mg²⁺变化在 1~3 之间, 难以达到方解石沉淀的饱和度。据 8 个样品计算的 pH 值均大于 9, 因而在碱性环境下不利于方解石大量沉积, 仅形成灰泥岩片, 其单层厚仅 0.02~0.2 mm, 与泥岩组成纹层状互层。主要沉积在有 Ca²⁺不断补给的湖

盆边缘相带和强蒸发高盐度环境中,与盐湖型碎屑岩胶结物形成次序为:泥质或灰泥环边→铁方解石·铁白云石→白云石^[1],而且灰泥岩沉积厚度大显然明显有别。

2.2 泌阳凹陷主要的碳酸盐(岩)类型

它们含量高,分布极为普遍,大多数相带中均有分布,并以泥晶为主,仅在胶结物中可出现亮晶,由于原始湖泊化学成份中富含钠、钾离子(Na^+ 、 K^+)和碳酸根、重碳酸根离子(CO_3^{2-} 、 HCO_3^-),而低硫酸根(SO_4^{2-})离子^[2]①,据57个样品分析结果它们的当量浓度(按毫克当量计算)依次为50~150,40~60和10~20,形成碳酸盐型水,有利于大量沉积白云岩和进一步沉积碱岩^[3],其标志岩类为白云岩、铁白云石岩→碳钠钙石岩、碳氢钠石岩^[3]→重碳酸岩(天然碱岩)等它不同于盐湖型硫酸盐型水的标志岩类为灰岩→石膏岩→芒硝岩→氯化钠岩等^[4]。

2.3 有机质丰度

由表1可见盐湖型的南阳、潜江和茫崖凹陷的灰岩系有机碳含量低,小于1%,多数在0.5%左右,而泌阳凹陷碱湖型含白云岩系有机碳含量最高,均大于1%~1.5%,约比盐湖型高2~4倍,因而形成了泌阳凹陷小而肥的油田。虽然随着湖泊盐度的增高,生物濒临死亡灭绝,生物贫乏,但生物对盐度的

可达天文数字,而低等生物菌、藻类无论是高盐度环境的壶形费罗姆藻或低盐度环境的盘星藻,褶皱藻等其属种和数量都十分可观,藻纹层非常发育为泌阳凹陷核桃园组一大特色^[5],这些资料充分说明当pH值大于9发生变化时生物成批死亡转为有机质形成良好的生油母岩。

3 苏打湖型碳酸盐(岩)沉积模式

泌阳凹陷核桃园组已成化为苏打湖,建立该湖泊类型碳酸盐(岩)沉积模式系指研究不同沉积相带湖相碳酸盐岩发育特征,现分述如下。

3.1 扇三角洲相碳酸盐(岩)特征

由图2可见,该相由洪水期具粒序变化的粗碎屑岩与洪水间歇期岩性较细的灰质砂、泥岩和灰泥岩片组成。地层颜色为灰绿至灰黑色属弱还原至还原色,该相由于淡水和碎屑物补给丰富,因此盐度较低3‰~6‰^[6],不利于碳酸盐沉积,主要呈自生方解石,铁方解石和白云石矿物分散在泥、砂岩中。此外,在砂岩中偶见皮壳鲕和内碎屑,前者在低能成鲕环境下藻成因形成,后者为动荡水体破碎形成,在洪水间歇期或河道间细组份沉积时,盐度相对增高,常有隐藻纹层岩和灰泥岩片夹层,也常见有碳酸盐结核和透镜体分布,灰泥岩片呈页片状,由亮层(灰泥

表1 不同类型湖泊有机质丰度的比较

Table 1 The correlation of organic matter abundance in the various Lake types

| 盆地和凹陷 | 层段 | 有机碳% | 沥青“A” | 烃 | 岩性 | 湖泊类型 |
|-------|------|------|-------|------|-----------|------|
| 柴达木盆地 | 上干柴沟 | 0.52 | 1203 | 450 | 泥质灰岩夹云泥岩 | 盐湖型 |
| | 茫崖凹陷 | 0.43 | 1081 | 623 | 灰质泥岩和泥质灰岩 | |
| 江汉盆地 | 潜三 | 0.70 | 3390 | 1235 | 泥质灰岩夹泥云岩 | |
| | 潜江凹陷 | 0.59 | 2060 | 1277 | | |
| 南阳凹陷 | 核三 | 0.69 | 765 | 464 | 泥质灰岩 | |
| 泌阳凹陷 | 核三 | 1.83 | 2168 | 1219 | 白云质泥岩 | |
| | | 1.47 | 2928 | 1527 | 泥质白云岩 | |

适应性比对碱度(pH值)的适应性强,因此当pH值大于9并发生变化时会导致生物的大量死亡,沉积物中有机质得到富集,这是泌阳凹陷有机碳含量高的原因,在观察岩心时可见,一个岩心断面上富含五条保存完好的鲤科鱼类化石(长3~9cm)和几百个甚至达千个 *Animitia* cf *Septata* 化石(长4~6mm,宽1mm),一个层中(厚约0.5~6m不等)其数量

和微晶方解石)和暗层(粘土矿物微晶方解石和粉砂)呈0.02至0.2mm的纹层状互层,为浅水强蒸发作用和苏打湖贫钙离子条件下形成的产物。

3.2 三角洲相碳酸盐岩特征

在凹陷北部缓坡带自西向东发育有古城、张厂、

① 黄杏珍,邵宏舜. 湖相碳酸盐岩的形成条件,泌阳凹陷湖相碳酸盐岩油气勘探新领域的研究. 1994. 100-112

王大堰和候庄三角洲, 并有继承性。从碎屑岩粒度曲线(见图 3)特征和常见的反粒序层理皆显示三角洲分流河道的特征。由图 2 可见, 三角洲与扇三角洲主要区别为前者经较长距离搬运碎屑物粒级较细, 以灰质、云质粉细砂岩与泥岩互层为主夹有黑色灰泥岩片和富含灰质油页岩, 岩石颜色除灰绿灰黄色外棕红色层增多, 反映以湖上沉积为主, 三角洲相水体盐度也较低 3‰~6‰。碳酸盐沉积与扇三角洲相类似, 只是岩石中灰泥岩片增多, 特别在前三角洲亚相中碎屑物补给减少, 水体盐度增高在王 28、24 井和泌 65 井等均发现藻泥质云泥岩、隐藻纹层岩和灰泥岩片增多, 并见表鲕、云泥内碎屑粉砂岩, 它们形成于低凹的较静水和河道间泥、砂坪中。

3.3 滨湖和湖湾相碳酸盐岩特征

泌阳凹陷发育的三角洲为孤立的非裙边状三角洲, 因此三角洲之间有滨湖和湖湾沉积。在王 15 井、泌 93 和 96 井等有典型的滨湖粒度曲线双跳跃组份出现(见图 3), 因淡水和物源补给比三角洲明显减少、岩性更细、盐度增高 3‰~15‰, 碳酸盐岩明显增多和增厚, 自生方解石、铁方解石和铁白云石都普遍沉积, 鲕(真鲕、表鲕)^[7]、粒屑铁方解石岩、铁白云石岩和粒屑粉砂岩也有沉积, 隐藻纹层岩更为发育, 无论从数量、厚度和类型上都比三角洲丰富, 但云泥

岩不甚发育。

3.4 浅湖相碳酸盐岩特征

该相粒度累计概率曲线为跳跃和悬浮二段式, 其中将悬浮组份 < 50% 者划为近岸浅湖, 而大于 50% 者归入远岸浅湖, 实际在剖面上二者呈互层, 岩性为深灰色、灰黑色和棕灰色泥质云泥岩, 云质泥页岩、油页岩呈纹层状、不等厚互层夹有薄粉砂岩条带, 碳酸盐岩很发育, 除近岸浅湖相中有含碱团块层和灰泥岩片层外, 均为云泥岩和铁白云石岩, 除有鲕、内碎屑云泥岩、粉砂岩外, 还见有浊流或湖泊环流携带而来的异地内碎屑, 其组成有灰泥岩、云泥岩, 隐藻纹层岩, 云质泥岩等成份多样的内碎屑。浅湖相主要为云泥岩沉积, 而且厚度大累厚可达 300~600 m, 有别于滨湖相仅含有一定的铁方解石岩(也属灰泥岩片)和铁白云石岩厚度仍较小, 而与较深湖相区别在于该相云泥岩中有弱还原环境下的棕灰色云泥岩出现, 并在近岸浅湖相中时有含碱团块透镜体和碱片与云泥岩共生。

3.5 较深湖相碳酸盐岩特征

较深湖相分布于扇三角洲向湖方向, 位于断陷和沉积中心区, 该相云泥岩沉积最为发育累厚可达 700~900 m, 其分布范围与碳酸盐岩最厚区相吻合。以云 1、云 2 井为代表, 岩性为黑色、黑灰色云

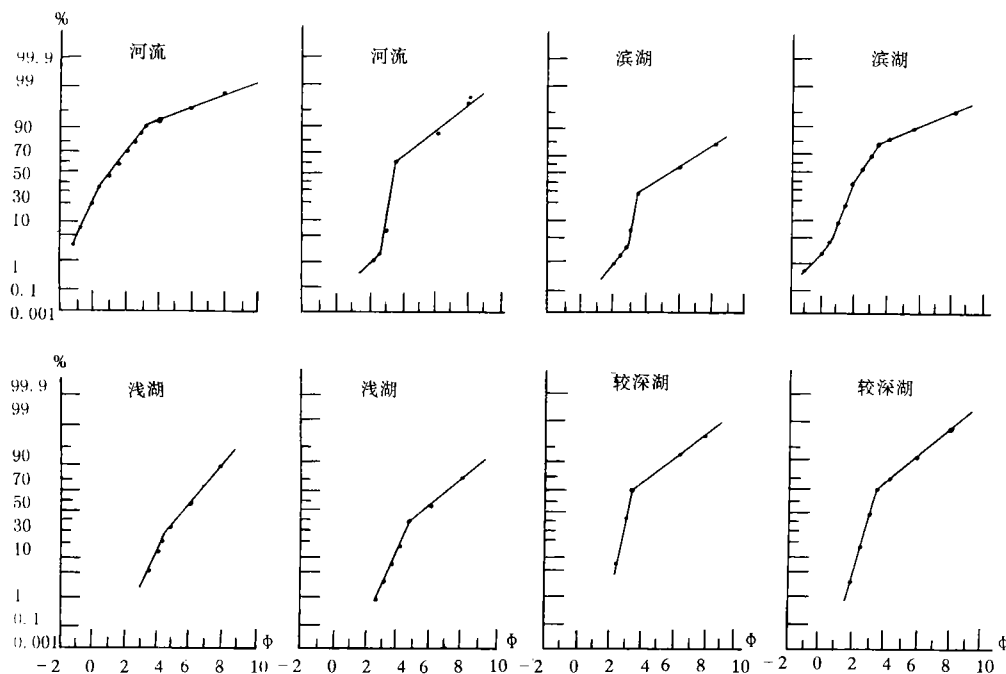


图 3 泌阳凹陷下第三系各沉积相碎屑岩粒度累计概率曲线

Fig. 3 The grain size cumulative probability curves of clastic rocks in the Eogene different sedimentary facies of Biyang Depression

质泥页岩、油页岩与铁白云岩、云泥岩互层夹有薄粉砂岩条带,不同等级的韵律层理(或称纹层状构造)较为发育,其中有反映短周期气候变化的薄至中纹层状层理系,也同时发育季候韵律层理(单纹层厚0.056~0.04 mm,小于年沉积厚度0.15 mm),保存如此完好的韵律层理,表明为浪基面以下的低能静水环境的沉积产物,该套湖相碳酸盐岩系,富含有机质^[9],在油页岩、粉砂条带和层间缝中都含油,为泌阳凹陷最佳的生油岩系。

3.6 碱湖相碳酸盐岩特征

碱湖相碳酸盐沉积也很发育,自生铁白云石、白云石、铁方解石和方解石都普遍出现并与碱类蒸发矿物和陆源砂、粉砂呈混合沉积,有时含量各占三分之一,往往难以对岩石进行命名,灰泥岩、云泥岩、铁方解石岩和铁白云岩与碱层呈极薄的纹层状互层,而碱层单层厚度小,一般0.2~0.6 m,但层数多,在云1和云2井H₃至H₂段碱层可达37层,累计厚度约33 m。而碳酸盐岩单层厚度远大于碱层,表明湖水蒸发浓缩过程长,而咸化为碱湖的沉积过程短,漫长的浓缩过程正是碳酸盐岩沉积时期,碱湖相岩石中也富含有机质成为含蒸发岩的碳酸盐岩型生油气岩,但其中以棕灰色云泥岩为多而黑色、灰黑色云泥岩为次,前者有机质不及后者丰富,其生油条件不及较深湖和浅湖相碳酸盐岩。

4 结论

向碱湖演化的湖盆以白云岩沉积为主;湖盆边缘相和滨湖、碱湖相等浅水强蒸发作用相带有自生方解石类矿物和灰泥岩片沉积,浅湖、较深湖相主要

沉积白云石类自生矿物和云泥岩;碱湖、浅湖和较深湖相三者的碳酸盐岩共生组合岩类有别,碱湖相以棕灰色云泥岩,灰泥岩片与碱岩互层为特征,浅湖相以暗色夹棕灰色云泥岩,含碱片、碱团块云泥岩和云质泥岩互层为特征;较深湖相皆为暗色云泥岩与云质泥岩互层,生油条件依次变好。

本项研究得到国家自然科学基金委员会和河南石油局勘探开发研究院的经费资助,在此表示感谢。

参 考 文 献

- 1 黄杏珍,邵宏舜,顾树松等. 柴达木盆地油气形成与寻找油气田方向[M]. 兰州:甘肃科学技术出版社,1993. 80~106
- 2 王随继,黄杏珍,妥进才,邵宏舜等. 泌阳凹陷核桃园组微量元素演化特征及其古气候意义[J]. 沉积学报,1997,(15)1:65~70
- 3 杨清堂. 我国首次发现的碳氢钠石[J]. 岩石矿物学,1987,6(1):87~91
- 4 闫存凤,黄杏珍,王随继. 泌阳凹陷核桃园组湖相碳酸盐岩系藻类组合及古环境[J]. 沉积学报,1996,14(增刊):57~62
- 5 黄杏珍,杨晓荣,邵宏舜. 微咸水一半咸水湖相碳酸盐岩沉积模式[A]. 中国科学院兰州地质研究所开放实验室研究年报[C],1988~1989. 125~131
- 6 Huang Xingzhen, Shao Hongshun, Lei Zhenfeng. The relationship between carbonate sedimentation and salinity in brackish lake basin [A]. Chinese Academy of sciences, Developments in geoscience [C]. Beijing Science Press, 1989. 319~327
- 7 王英华. 鲕粒与沉积环境,地质科学论文,第一集[C]. 北京:北京大学出版社,1979. 1~15
- 8 Huang Xingzhen, Shao Hongshun. Sedimentary characteristics and types of hydrocarbon source rocks in the Tertiary semiarid to arid lake basin of Northwest China [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1993, 105: 33~43
- 9 钱凯,杜韮华,周书欣,管守锐. 中国湖泊碳酸盐岩. 中国沉积学[M]. 北京:石油工业出版社,1994. 153~179

The Feature and Deposit Model of Lacustrine Carbonate Rocks Formed in the Course of Soda Lake Evolution

HUANG Xing-zhen¹ YAN Chun-feng² WANG Sui-ji³ SHAO Hong-shun¹

TUO Jin-cai¹ WANG Shou-qing⁴ HE Zhu-rong⁴

1(Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

2(Northwest Institute of Geology, Chinese Petroleum Company, Lanzhou 730020)

3(Department of Geography, Peking University, Beijing 100871)

4(Institute of Petroleum Exploration & Development, Henan Bureau of Petroleum Administration Nanyang Henan 473132)

Abstract

Being one of the most important oil source rock in Biyang depression, the lacustrine carbonate rock is, here, mainly composed of dolomite, representing the characteristics of lacustrine carbonate rocks formed in the course of soda lake evolution. Under the hot and semi-arid paleoclimate, the upper and lower part of the lower Tertiary are coarse clastic rocks which formed fluvial and Lacustrine facies in interval. The middle part Hetaoyuan Formation consists mainly of lacustrine muddy shale, carbonate and alkaline rocks except fan delta and delta deposits.

The depositional model of lacustrine carbonate rocks evolved to the soda lake: (1) The fan delta facies and delta facies are distributed along the south and north margin of the depression respectively, for the abundant supplement of clastics and low salinity (3‰~6‰) are generally not favorable for the formation of carbonate deposition, only forming lots of authigenic calcite and little authigenic dolomite minerals dispersing in mudstone and sandstone or the cements of sandstones. Particularly, in delta facies during flood-interval period or in interchannel deposits, the authigenic ferrodolomite and lime mudstone sheet increases with some lime mud shell oolites, intraclast sandstone and cryptoalgal laminated rocks intercalation deposited; (2) The salinity of lake water in Lake-shore and lake-bay facies, especially in the latter is high, the authigenic calcites and lime mudstone, ferrodolomite are widespread, in these facies, meanwhile, true ooid- and superficial ooid-bearing grain carbonate rock increases as well; (3) Carbonate rocks in shallow Lake facies are well developed, and the total thickness of carbonate rocks is about 300~600 m. The lithology are mainly grey-black, brown-grey dolomite mudstone, ferrodolomite and ooid-intraclast-bearing dolomite mudstone except alkaline-bearing lumps and lime mudstone deposition in the near-shore shallow lake facies; (4) Deeper lake facies, excluding turbidite deposition, are short of supplement of fresh water and clastics in deeper water depth and stable depositional environment. The salinity of lake water is high. Dolomite mudstone deposition is the thickest and about 700~900 m. The lithology are mainly black, grey-black dolomite mudstone, ferrodolomite and dolomitic muddy shale lamellar interbedded. These are the typical characteristics of lacustrine carbonate-type oil source rock. Nowadays, the oil field has been found here; (5) The salinity of alkaline lake facies is very high (30‰~60‰), all kinds of carbonate rock, especially lime mudstone and ferrocalcite rock, are well developed and lamellar interbedded with alkaline layers and clastic rocks. Carbonate rocks formed excellent evaporite-bearing carbonate-type oil source rock.

Key words soda lake-type lacustrine carbonate rocks depositional model