

东营凹陷岩盐成矿条件浅析

孙文广,刘丰武,彭文泉,蒋波,高庆,王峰,赵海滨

(山东省第一地质矿产勘查院,山东 济南 250014)

摘要:东营凹陷是一个中、新生代断落凹陷区,发育了巨厚的新生代地层。凹陷内岩盐主要发育在沙河街组四段中下部,通过对沉积盆地演化阶段、岩盐赋存层位及蒸发岩系序列结构的分析,指出岩盐是在陆相环境中沉积的,属海源陆相沉积矿床。

关键词:岩盐;蒸发岩系;成盐模式;东营凹陷

中图分类号:P597

文献标识码:A

1 成矿地质背景

东营凹陷位于中、新生代断落凹陷区,为一个大致呈 NE 向展布,东北部宽、西南部窄的多边型盆地。盆地长轴约为 108 km,短轴约为 56 km,面积约 5 700 km²。

1.1 东营凹陷的形成与发展

东营凹陷是在燕山运动晚期,由断块运动使其基底扭错的背景上形成发展起来的,属于济阳拗陷一个最大的次级负向构造单元。济阳拗陷位于渤海湾盆地西南部,东营凹陷位于济阳拗陷东部,是一个四周被凸起环绕的晚侏罗世-古近纪时期的复合型断陷盆地,具有北断南超的特点,新近纪以后属于华北近海拗陷盆地的一部分,不再构成独立盆地。

东营凹陷的形成、发展与华北拗陷盆地和渤海湾盆地的地史演化一致,可分为 3 个大的阶段。

1.1.1 地台基底发育阶段(太古宙—中元古代)

济阳拗陷仅见有新太古代泰山岩群,之上缺失元古宙地层,但在其周围太古宙地层之上尚有古-中元古代地层分布。

1.1.2 地台盖层发育阶段(新元古代—古生代)

地台盖层分为晚元古代和古生代 2 个构造亚层。新元古界为一套海相碎屑岩、碳酸盐岩沉积,由华北拗陷北部的河北蓟县向东南超覆,厚度逐渐减薄,至沧县隆起以东的黄骅和济阳等地完全尖灭。

古生代地层在整个华北地区的岩性是一致的,其中:寒武-奥陶纪为海相碎屑岩、碳酸盐岩沉积;晚奥陶世-早石炭世地层缺失;晚石炭世-二叠纪地层为海陆交互相碎屑岩和含煤沉积。

1.1.3 中-新生代裂陷盆地发育阶段

发生于三叠纪的印支运动,使古生代稳定的地台开始解体。济阳拗陷印支期以地壳升降为主,强烈的断块活动和岩浆活动始于燕山期。

(1)中生代裂陷盆地发育阶段。济阳拗陷普遍缺失三叠系,侏罗-白垩系分布广泛,但东营凹陷的厚度小于沾化、车镇等凹陷的同期地层,其中中、下侏罗统分布局限,为含煤地层;上侏罗统厚度较大,受控于基底断裂,为杂色砂砾岩夹少量暗色泥岩;下白垩统为凝灰岩、安山岩、玄武岩、凝灰质砂砾岩和粉砂岩;上白垩统为砂岩、砾岩和页岩,表明该阶段早、中侏罗世为成盆期,晚侏罗-早白垩世为裂陷期,晚白垩世为拗陷期,从而构成中生代完整的裂陷旋回。燕山运动之后,本区经历了晚白垩世至古新世的抬升剥蚀夷平。始新世起在隆起的背景上发育了新生代裂陷,并由此演化成现今的构造面貌。

(2)新生代裂陷盆地发育阶段。本区新生代可分为古近纪、新近纪—第四纪 2 个构造亚层。古近纪地层的分布受控于盆地的基底断裂,为一套陆相碎屑岩、泥页岩夹碳酸盐岩和局部火成岩组合,属同裂陷期充填系列;新近纪—第四纪地层超覆于整个

* 收稿日期:2008-04-03;修订日期:2009-03-07;编辑:曹丽丽

作者简介:孙文广(1973-),男,山东威海人,高级工程师,主要从事水工环地质技术工作。

华北盆地,为以河流相沉积为主的下粗上细的正旋回组合,属后裂谷期充填系列,也是一个完整的裂陷旋回。

1.2 东营凹陷地质概况

1.2.1 地层

东营凹陷在古生代地层之上发育了一套巨厚的新生代地层,主要有古近纪济阳群、新近纪黄骅群及第四纪平原组。

(1) 济阳群($E_{2-3}J$)

东营组(E_3d):主要为一套灰绿色、灰色及少量紫红色的泥岩、砂岩、含砾砂岩偶夹薄层碳酸盐岩的岩石组合,厚50~800 m。

沙河街组($E_{2-3}s$):分布广泛,主要为一套以灰色泥岩为主,次为粉砂岩、细砂岩、油页岩和碳酸盐岩的细碎屑沉积,为重要的含石油、岩盐地层,厚度一般大于1 000 m。

孔店组(E_2k):主要为一套砂岩、泥岩的陆源碎屑岩系,厚度大于490 m。

(2) 黄骅群(NH)

明化镇组(N_2m):主要为一套土黄、棕红色泥岩、砂质泥岩与灰白色砂岩组成的岩石组合,厚度60~1 000 m。

馆陶组(N_1g):主要为一套灰白色砾状砂岩、细砂岩,灰绿色细砂岩和棕红色泥岩间互沉积的一套陆相碎屑岩岩石组合,厚约400 m。

(3) 平原组(Qp):整个东营凹陷被第四系所覆盖,岩性为棕黄色粉砂、黏土质粉砂、粉砂质黏土,夹粉细砂、中细砂。厚度大于250 m。

1.2.2 构造

东营凹陷是受陈南基底断裂控制的箕状断陷盆地。凹陷北以陈南断裂为界,与陈家庄凸起相邻;南以齐河-广饶断裂为界,与鲁西隆起及广饶凸起相邻;西、西北与青城凸起和滨县凸起相邻;东与青坨子凸起相邻(图1)。受陈南断裂的控制,东营凹陷主要发育有NE向、NW向和近EW向基底正断层,在凹陷的中部和南部断层以北倾为主,与陈南断裂的倾向相反;北部断层主要倾向南,与陈南断裂的倾向相同,西、西北部受青城凸起、滨县凸起的影响,断层倾向以SE为主^[1]。

1.2.3 岩浆岩

东营凹陷火山岩分布广,期次多,以中生代燕山期为主。

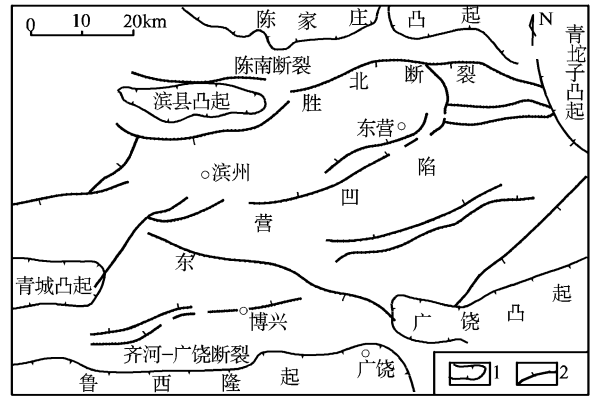


图1 东营凹陷区域构造图

(据叶兴树等修编,2005年)

1—构造带边界;2—主要断层

燕山期火山岩主要分布在东营凹陷南侧。据钻孔及区域资料对比,该时期火山岩以裂隙式喷发为主,发育爆发-溢流相岩石,常构成火山碎屑-熔岩喷发旋回。由于岩浆作用方式和演化程度不同,故形成种类繁多的岩石类型,其中:熔岩类有安山岩、粗安岩和玄武岩等;火山碎屑-熔岩类有火山熔岩、火山碎屑岩、沉火山碎屑岩等。

2 岩盐矿地质特征

2.1 含岩盐矿层位及蒸发岩系剖面结构

济阳群沙河街组四段为含岩盐矿层位,可分为3部分。

下部:主要为红色砂、泥岩互层夹含砾砂岩、粉砂岩、碳酸盐岩及石膏、岩盐等。岩盐及石膏层中普遍发育泥砾,纵向上由下至上粒度渐小,横向上由湖盆边缘至中心泥砾含量渐少,砾径变小。泥砾是由于水流冲刷湖盆边缘尚未完全固结的砂泥沉积物,经再次搬运沉积而成。泥砾韵律性结构为间歇性水流作用的结果。以上沉积物是在干旱且降雨不均的气候条件下形成的。洪水期水流将泥砂带到凹陷边缘,形成泛滥湖泊相沉积;干旱期湖水浓缩形成盐湖沉积。洪水期与干旱期交替频繁,形成间歇性盐湖。

中部:主要为蓝灰色泥岩及灰白色岩盐层、石膏层,夹深灰色泥质白云岩及杂色泥岩,沉积中心部位岩盐最为发育。

上部:以灰、灰褐色泥岩为主,夹碳酸盐岩及油页岩。沉积中心部位发育石膏及岩盐,属盐湖相沉积。

2.2 岩盐矿层特征

东营凹陷岩盐的分布及成矿规律与该凹陷构造及古地理环境密不可分。沙河街组四段岩相分布具不对称特点,受盆地形态和陆源物质供给控制,盆地南缘坡度缓,淡水和碎屑物供给缓慢,岩相自边缘向中心发育完全。孔店组一段至沙河街组四段岩盐形成时期,伴随多期的洪水期或海侵期,出现多个岩盐沉积缺失(间断),岩盐沉积厚度亦受洪水期或海侵期的影响。又由于凹陷北部边界断裂的剧烈活动,使得凹陷主体成为自SW向NE缓倾的箕状盆地,受其影响,盐、膏沉积厚度亦有增大的趋势(图2)。

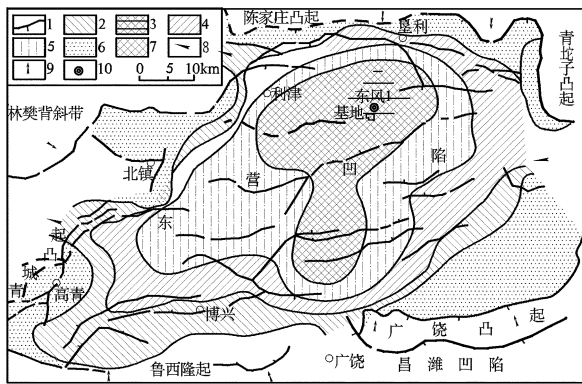


图2 东营盆地沙河街四段岩相分布图

1—断裂;2—泥岩、灰岩、白云岩相;3—杂卤石相;4—泥岩、含石膏泥岩相;5—硬石膏相;6—粗碎屑岩相;7—岩盐相;8—海侵方向;9—陆源供给方向;10—钻孔

2.3 矿物、品位及矿石特征

含盐岩系由一套蒸发岩、蒸发-碎屑岩及碎屑岩组成。矿物种类比较简单:氯化物矿物只有岩盐;硫酸盐矿物有石膏(硬石膏、石膏、半水石膏)、天青石、钙芒硝、杂卤石等;碳酸盐矿物有菱镁矿、白云石、方解石等。此外,还有少量非盐类矿物如自生石英、玉髓、黄铁矿、滑石及水云母类黏土矿物等。东风1井部分井段岩盐矿样品NaCl平均品位为95.25%。岩盐以灰色、浅灰色半透明为主,当泥质物或杂质含量增多时变为暗灰色,呈中粒—粗粒状矿物集合体,结晶程度较差,以半自形至他形为主;少数为细晶结构,原生核晶结构和气液相包裹体较少见。

3 矿床成因

3.1 沉积盆地演化

东营凹陷沙河街组四段至二段下部表现为一次长期基准面旋回。自下而上基准面经历缓慢上升、

快速上升、持续高位、缓慢下降到迅速下降的过程。相应地,东营古湖盆类型也表现出阶段性的补偿和沉积特点,可以划分为5个演化阶段,即裂陷初期过补偿间歇湖、裂陷加速期欠补偿常年闭流湖、裂陷鼎盛期欠补偿闭流—敞流湖、裂陷稳定期均衡补偿深水敞流湖及裂陷衰退期过补偿浅水敞流湖^[2]。

3.2 充填模式

以新近纪地层底部(裂陷期末形成)的不整合面为界,古近纪济阳群一级层序可划分为3个二级层序,即孔店组、沙河街组四段至二段及沙河街组一段至东营组,分别对应于3个次一级裂陷旋回。

3.2.1 蒸发岩相充填模式

沙河街组四段下部发育的水上红层和经过剥蚀的白云岩化地层,为沙四段中上部盐湖沉积的形成提供了物质基础。沙四段中部沉积时,气候干热并向盐湖演化,主要为石膏、岩盐沉积,湖水含盐度很高,化学沉积比较发育,后期形成了以灰色泥岩夹石膏、岩盐为主的沉积,在凹陷的中心部位形成了岩盐、石膏层,湖相碳酸盐岩沉积发育。沙四段沉积后期,盆地下沉,水域面积扩大,沉积物以碎屑物质为主,形成了以灰黑色页岩、油页岩、泥岩为主的沉积,而凹陷中心地带以岩盐沉积为主,其中沙四段中上部沉积物为碎屑岩、碳酸盐岩、石膏和岩盐组合类型。从湖盆边缘向中心,依次沉积碎屑岩—碳酸盐岩—石膏岩盐并呈环形“牛眼”构造分布(图3),显示了湖盆的封闭性和局部水体的干化浓缩过程以及半干旱气候条件。

3.2.2 波动深湖相充填模式

沙三段下部沉积时,盆地以伸展活动为特征,断裂活动强烈。当时气候湿润,盆地边缘凸起不断上升剥蚀,凹陷不断下降沉积,湖盆处于稳定发展时期,湖盆范围较大,形成了深水湖相沉积。同时湖盆受区域构造运动的影响而时升时降,引起水体收缩和扩张,并伴随沉积碎屑颗粒的粗细变化而形成韵律沉积。

3.2.3 三角洲—湖泊相充填模式

沙三段中上部沉积时,构造活动更加强烈,古气候更加潮湿,降雨量更加充沛。盆地边缘的凸起遭受强烈剥蚀,为盆地提供了充足的碎屑物质,河流—三角洲开始成形并向湖区推进,其沉积速率远远大于湖盆沉降速度,盆地处于过补偿状态。大量淡水的注入,导致湖水盐度降低并迅速淡化,随着多物

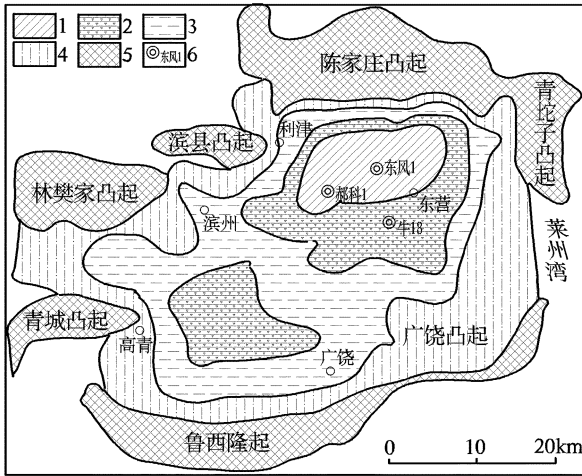


图3 东营凹陷沙河街组四段中部蒸发岩相分布图

1—岩盐,石膏;2—灰岩,白云岩;3—暗色泥岩;4—粉砂岩;
5—剥蚀区;6—钻孔位置及编号

源、多水系的复合三角洲不断向湖盆中心延伸,湖水的分层状态随之消失,沉积形成了一套厚度巨大的暗色泥岩和前三三角洲相粉砂质泥岩。

3.3 矿床成因

东营盆地沙四段沉积时期为一个半封闭的近海湖盆,四周被古隆起或凸起环绕,东部有通道与古渤海相连,在盆地四周堆积着粗碎屑沉积,由盆地边缘往中心逐渐过渡为湖相泥岩,到盆地中心被化学沉积代替。在盐层顶底板取样皆发现了大量的有孔虫海相化石,盐层中发现较多天青石。锶钡比值高(0.03%~0.04%),黏土矿物中的硼含量高达 600×10^{-6} 以上,均说明东营凹陷沙四段盐类沉积物是由海水供给的。

从溴的地球化学特征看,当含盐系的溴含量或溴氯系数值比正常海水低得多时,沉积物质就有可

能属陆相成因或受地表水严重影响的内陆海局限海等非典型海相成因。从本区大地构造背景看,东营盆地位于大陆边缘,是古渤海海水最容易到达的场所。古渤海在古近纪时是一个内陆海,而多数内陆海由于受地表河流的影响,水中溴含量通常比大洋水低。因而在内陆湖盆条件下沉积形成的岩盐,其溴含量相对较低。东营盆地所处的古地理位置,限定了盐类沉积作用是在陆相环境中进行的,属海源陆相沉积矿床。

4 找矿预测及方向

东营市区以南溢洪河至支脉河一带,面积约 1400 km^2 。预测岩盐矿主要集中在辛店镇—郝家镇—油郭镇—西范镇—陈官镇一带,共2个地段,岩盐层产于沙河街组四段含盐系地层中,顶界面埋深 $2400 \sim 3450 \text{ m}$,揭露岩盐层3~18层不等,单层厚度一般 $8 \sim 30 \text{ m}$,最厚 43 m ,岩盐矿平均累计厚度170余米。岩盐矿总体呈SN向展布,南北长约 25 km ,东西宽约 8 km ,面积 197 km^2 ,NaCl平均品位为94.82%。

通过物探手段结合钻孔揭露资料,估算区内岩盐矿预测资源量(矿石)为663.42亿t,矿物量(NaCl)为629.06亿t。

参考文献:

- [1] 叶兴树,王伟峰,戴俊生,等. 东营凹陷沙三—东营期断裂活动特征[J]. 中国石油大学学报(自然科学版),2006,30(4):7-11.
- [2] 张海峰,张林峰,刘庆. 陆相断陷盆地长期基准面旋回及其古湖盆地质特征响应——以东营凹陷沙河街组为例[J]. 现代地质,2004,19(增刊):14-19.

Primary Study on Salt-forming Condition in Dongying Depression

SUN Wen-guang, LIU Feng-wu, PENG Wen-quan, JIANG Bo, GAO Qing, WANG Feng, ZHAO Hai-bin
(No. 1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250014, China)

Abstract: Dongying depression is a Mesozoic and Cenozoic sag drop area. It developed thick Cenozoic strata. Dongying depression halite mainly developed in middle and lower part of the fourth section of Shahejie formation. The ore-bearing strata are sedimented in continental sedimentary environment. It belongs to marine facies continental sedimentary deposits.

Key words: Rock salt; evaporation rock system; salt-forming mode; Dongying depression