

# 沾化凹陷罗家地区岩浆活动对油气形成的影响

贾京坤<sup>1</sup>, 万丛礼<sup>2</sup>

(1. 中国石油大学(北京)地球科学学院, 北京 102249; 2. 中国石化股份胜利油田分公司 油气集输总厂, 山东 东营 257000)

**摘要:**沾化凹陷罗家地区岩浆活动强烈, 油气资源丰富, 但油气性质异常, 岩浆活动对油气形成的影响有待于进行深入研究。根据岩心观察和测井解释结果, 首先确定罗家地区岩浆岩的类型和产状等, 然后对岩浆岩周围的烃源岩进行分析, 证实了岩浆岩的热作用使周围烃源岩发生热变质及有机质炭化。应用化学方法研究, 发现岩浆岩周围的烃源岩成熟度非常高且变化大, 油气中具有较高含量的硫化氢和二氧化碳。分析认为, 岩浆活动明显促进了周围烃源岩中有机质的热演化以及油气形成, 并导致硫酸盐和碳酸盐矿物分解, 生成硫化氢和二氧化碳。岩浆活动是罗家地区油气丰富、油气性质异常的重要根源, 研究其油气成因应充分考虑岩浆因素, 且在油气开发过程中应预防硫化氢对人员和设备的伤害。

**关键词:** 岩浆活动 油气形成 热作用 罗家地区 沾化凹陷  
**中图分类号:** TE112.11 **文献标识码:** A

**文章编号:** 1009-9603(2012)06-0050-03

沾化凹陷罗家地区油气资源非常丰富, 尤其发育岩浆岩及变质岩油气藏。虽然这些油气藏发现已有40余年, 且许多学者对岩浆岩及变质岩储层特征已开展了较为深入的研究<sup>[1-2]</sup>, 结果表明, 岩浆活动对油气形成及成藏条件均具有重要影响<sup>[3-6]</sup>, 但研究区岩浆活动对油气形成的影响一直未引起注意。为此, 笔者在罗家地区岩浆岩及其围岩特征分析的基础上, 对岩浆岩在油气形成中的作用进行了研究, 以期形成对研究区油气成因更为深入的认识, 并为该区油气勘探和开发提供依据。

## 1 区域地质概况

罗家地区位于沾化凹陷陈家庄凸起北部的罗家鼻状构造带, 属于渤南洼陷的南斜坡, 向西与四扣洼陷相连, 东、南分别与垦西地垒和三合村洼陷相接, 勘探面积约为200 km<sup>2</sup>。其古近系, 自下而上发育孔店组、沙河街组和东营组, 地层厚度达4 000多米, 其中沙河街组为主要的生、含油层系。罗家地区油气主要来自于渤南洼陷, 油气源条件优越。渤南洼陷是发育时间长、沉积厚度大、有机质丰度高且母质类型好的生油气洼陷, 其烃源岩厚度为800~1 200 m, 主要包括沙四段上亚段、沙三段和沙一段的暗色泥岩和油页岩。沙四段上亚段沉积时期, 渤南洼陷为干热气候条件下、水体盐度较高的

半封闭—封闭泻湖环境; 其烃源岩厚度为50~250 m, 有机碳含量为1.8%~1.9%, 氯仿沥青“A”含量为0.12%~0.34%, 干酪根类型为I型和II型。沙三段沉积时期是渤南洼陷湖盆发育的鼎盛时期, 气候温暖潮湿、生物繁盛, 沉积了大套湖相暗色泥岩和油页岩; 烃源岩厚度达300~500 m, 有机碳含量为2%~4%, 氯仿沥青“A”含量为0.5%~0.8%, 干酪根类型以I型为主, 是研究区主力烃源岩。沙一段沉积时期, 断陷活动加强, 渤南洼陷沉积了深湖—半深湖及浅湖相油页岩、油泥岩和暗色泥岩, 烃源岩厚度为100~300 m, 有机碳含量为4%~5%, 氯仿沥青“A”含量为0.4%~0.8%, 干酪根类型以I型为主。

## 2 岩浆岩发育特征

钻井等资料表明, 罗家地区岩浆岩为单一的超浅层侵入岩, 呈岩床状, 与围岩呈整合接触关系, 发育层位为沙三段下亚段。其分布面积为9.1 km<sup>2</sup>, 最大厚度为251 m(位于罗151-1井附近), 整体具有中间厚、四周薄的分布特征。罗家地区岩浆岩属于基性辉长岩, 呈暗绿色或黑色, 具辉绿结构、块状构造; 主要矿物组成为辉石和斜长石, 其中辉石多为普通辉石, 也有易变辉石, 斜长石多为拉长石, 且自形程度高于辉石; 辉长岩的钾氩同位素地质年龄为11.91~31.67 Ma, 为2期岩浆侵入形成且均发生于

馆陶组沉积时期。

罗家地区岩浆岩的顶面整体表现为轴向为北北东向的断鼻构造,其西翼地层坡度相对较陡,地层倾角约为 $4^{\circ}$ ;东翼地层坡度较缓,地层倾角约为 $1^{\circ}$ 。断鼻上发育2个局部构造高点,其中北部构造高点位于罗151-1井附近,埋深为3 040 m;南部构造高点位于义13井附近,埋深为3 000 m。岩浆岩底部形态表现为中间凹、四周高的小型向斜,埋深为3 060~3 280 m。

### 3 岩浆活动对油气形成的影响

岩浆携带了大量的深部热能,不同类型岩浆的来源深度不同,形成的温度亦存在很大差异。其中,酸性岩浆来自于下地壳,形成温度相对较低( $650\sim 850\text{ }^{\circ}\text{C}$ );而基性岩浆来自于上地幔,形成温度相对较高( $1\ 100\sim 1\ 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ )<sup>[7]</sup>。罗家地区岩浆岩为辉长岩,表明岩浆源较深(上地幔),温度较高,对周围烃源岩的热作用也更明显。辉长岩形成于地下封闭环境,其携带的热量几乎未散失并作用于周围地层,导致地温梯度明显增高,形成以辉长岩为中心的球状异常高温场<sup>[8]</sup>。其中心地层温度约为 $1\ 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,并向周围呈放射状迅速降低,与常规地区稳态的、随深度缓慢增加的地温分布格局(地温梯度约为 $3\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{hm}$ )有本质不同。

钻井等资料表明,罗家地区岩浆岩呈岩床状顺层侵入沙三段油页岩,其上覆烃源岩厚度超过300 m,下伏烃源岩厚度也超过200 m。由于岩浆岩的热作用范围有限(一般约为其厚度的2倍)<sup>[9]</sup>,因此密切的接触关系为岩浆岩对烃源岩的热演化作用奠定了良好的基础。研究区岩浆岩最大厚度为251 m,对周围上、下地层的热作用半径最大可达500 m左右。因此,罗家地区岩浆岩对周围烃源岩热作用的范围较大,对周围烃源岩的成岩和油气形成(或成烃作用)均具有重要影响,但在热作用范围内,距离岩浆岩越远,烃源岩所受到的热作用程度越低。

#### 3.1 岩浆岩周围烃源岩的成岩作用特征

岩心观察发现,罗家地区岩浆岩周围的烃源岩发生了明显的热变质。整体上,越靠近岩浆岩,烃源岩的颜色越浅(为灰黑色),有机质炭化程度越强;而距离岩浆岩较远的烃源岩的颜色则变深(为黑色),有机质炭化程度明显减弱,原岩的矿物成分、结构及层理构造保留也越好。根据热变质程度,可将研究区岩浆岩周围的烃源岩分为角岩带和炭质板岩带2个变质带(图1)。炭质板岩带外侧为

正常的油页岩,未受到岩浆岩热作用的影响(或影响很小、可以忽略)。

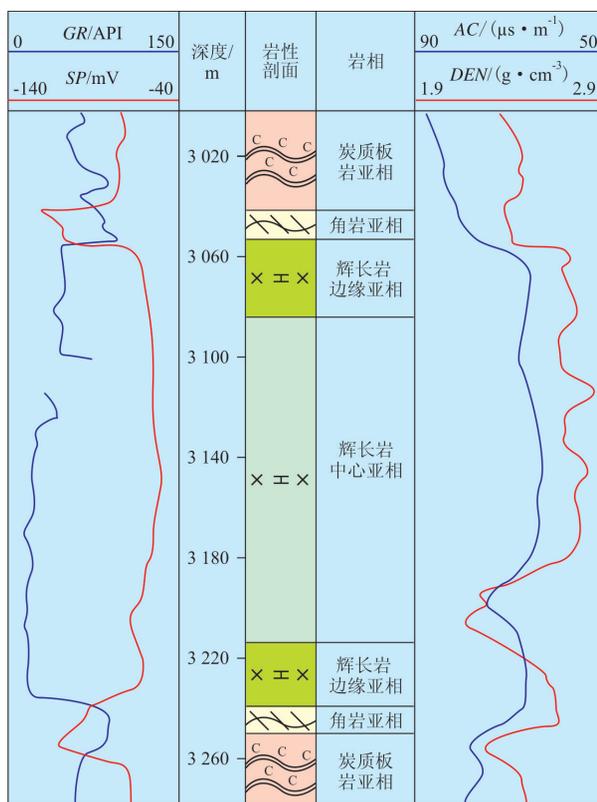


图1 沾化凹陷罗家地区罗151井辉长岩及其围岩岩相分布

**角岩带** 角岩带分布于岩浆岩附近,属于高级变质带。角岩冷凝边发育,为灰白色、褐黄色,致密且坚硬,具有角岩结构和变斑晶结构。变斑晶以球粒状堇青石集合体为主,基质多为硅灰石,其微晶状的粒径一般小于 $5\ \mu\text{m}$ ,板状及片状集合体呈放射状,含少量斜长石及伊/蒙混层粘土矿物。该带厚度为 $2\sim 20\text{ m}$ ,其中岩浆岩顶部的角岩带厚度较大,而底部的角岩带相对较薄,变质程度也较低,为灰黑、灰褐色。角岩带裂缝非常发育、含油气性好,是研究区最好的变质岩储层。

**炭质板岩带** 炭质板岩带位于角岩带外侧,属于中级变质带,由油页岩和钙质泥岩变质而成,呈灰黑色—黑色,具有变余结构、板状构造,矿物组成主要为粘土矿物和石英、方解石。该带裂缝较发育且含油气性较好,是研究区较为有利的变质岩储层。

#### 3.2 岩浆活动对油气形成的促进作用

温度是烃源岩生烃演化以及油气形成的主导因素。岩浆的高温使罗家地区沙三段油页岩发生明显的热变质,且有机质对温度非常敏感,岩浆岩的热作用促进了变质带中有机质的生烃演化以及油气形成。

王民等通过化学分析及数值模拟方法对辉长

岩(厚度分别为38.6和118 m)附近烃源岩的热演化特征进行研究,证实辉长岩周围烃源岩的镜质组反射率快速增高,最大甚至超过8%<sup>[3]</sup>。通过对研究区东部岩浆岩附近的烃源岩进行地球化学分析,也证实岩浆周围烃源岩的热演化程度非常高。例如渤深5井沙四段埋深为4 762.7 m泥岩的最高热解峰温为544 ℃,5 138 m泥岩的镜质组反射率为3.75%;而渤古402井石炭系埋深为4 313.1和4 305.6 m煤岩的镜质组反射率分别为6.60%和6.52%。表明岩浆岩对周围烃源岩的成熟以及油气形成均具有重要的促进作用。

此外,研究区油气性质存在明显异常。例如义42井硫化氢和二氧化碳的总含量为21.76%,罗5井硫化氢含量为6.5%,罗19井硫化氢含量为4.35%,义64井硫化氢含量为3.87%<sup>[10]</sup>;而常规油气藏不含硫化氢,且二氧化碳含量小于1%。如此高含量的硫化氢及二氧化碳在济阳拗陷极为罕见,分析认为,这些硫化氢和二氧化碳属于无机成因,为岩浆岩高温导致地层中硫酸盐(及碳酸盐)矿物分解所形成,反映出研究区油气成因的复杂性和特殊性。

## 4 结束语

在馆陶组沉积时期,罗家地区沙三段烃源岩发生2次较强的岩浆侵入活动。岩浆岩对周围烃源岩的成岩作用以及有机质演化均具有非常明显的影响。岩浆的热作用不仅促进了有机质成熟及油气形成,提高了油气丰度,且导致硫酸盐和碳酸盐分

解,形成了无机硫化氢和二氧化碳。岩浆活动是罗家地区油气富集和油气性质异常的重要根源,也是深入研究其油气成因不可忽视的因素。总体上,较高含量的硫化氢和二氧化碳会使地层水的酸性明显增强,对设备和人员造成很大的伤害,在油气开发过程中应引起足够重视,并采取相应的防护措施。

### 参考文献:

- [1] 曹忠祥.济阳拗陷第三系侵入岩成藏研究[J].油气地质与采收率,2004,11(2):15-17.
- [2] 谢忠怀.罗151块沙三段接触变质岩特征及变成孔隙[J].油气地质与采收率,2007,14(1):15-17.
- [3] 王民,卢双舫,薛海涛,等.岩浆侵入体对有机质生烃作用的影响及数值模拟[J].岩石学报,2010,26(1):177-185.
- [4] 冯乔,汤锡元.岩浆活动与油气成藏条件的关系[J].西北地质科学,1997,8(1):56-62.
- [5] 杨贵丽,蒋有录,吕希学.济阳拗陷火成岩油气藏成藏特征分析[J].油气地质与采收率,2005,12(1):24-26.
- [6] 金强,万丛礼.裂谷盆地火山活动与油气聚集[M].北京:地质出版社,2005:14.
- [7] 邱家骥.岩浆岩岩石学[M].北京:地质出版社,1985:7.
- [8] 万丛礼,李继红,裴卫兵,等.沉积盆地侵入岩区的异常“温度场、压力场和地球化学场”与油气的关系——以东营凹陷纯西辉长岩为例[J].西安石油大学学报:自然科学版,2005,20(1):36-39.
- [9] 田文广,姜振学,庞雄奇,等.岩浆活动热模拟及其对烃源岩热演化作用模式研究[J].西南石油学院学报,2005,27(1):12-16.
- [10] 赵勇,李敏,万丛礼,等.沾化凹陷孤西地区二氧化碳特征及成因[J].油气地质与采收率,2011,18(2):38-40.

编辑 邹澍滢

## 欢迎订阅2013年《新疆石油地质》

《新疆石油地质》创刊于1980年,现由新疆石油学会主办,新疆油田公司、塔里木油田公司、吐哈油田公司和中石化西北分公司联办,与玉门油田公司、青海油田公司、西部钻探工程公司等协办,并与全国各石油系统、科研院所有着广泛的交流和联系。本刊主要介绍我国各含油气盆地的勘探、开发研究成果,同时也介绍全国各科研院所、大专院校在油气地质方面的研究成果,辟有油气勘探、油藏工程、应用技术、油气工程地质、讨论与争鸣、综述、国外油气地质、人物介绍、新闻报道等栏目。本刊兼营广告业务,收费低廉。

2005年本刊荣获第三届国家期刊奖百种重点期刊称号,2001—2012年连续六届获得新疆期刊奖(每2年评比一次)。2004年被收入《中文核心期刊要目总览》。

本刊国内外公开发售,每期国内定价人民币20元,逢双月出版。全国各地邮局均可征订,团体或个人也可直接向我部订阅。国外读者及港、澳、台同胞可向中国国际图书贸易总公司订阅(北京399信箱)。

联系地址:新疆克拉玛依市准噶尔路32号《新疆石油地质》编辑部  
电话:0990-6886044

网址:<http://xjsydz.paperopen.com>

邮编:834000

联系人:易辉

E-mail:[xjgp@petrochina.com.cn](mailto:xjgp@petrochina.com.cn)