

DOI:10.19751/j.cnki.61-1149/p.2021.02.018

青海省聚乎更煤矿区煤系烃源岩生烃过程研究

耿庆明, 杨振宁, 牛志新, 王伟超, 张永安, 赵光通, 刘文进, 李清海, 马正文

(青海煤炭地质一〇五勘探队, 青海 西宁 810007)

摘要:通过“青海省天峻县聚乎更煤矿区南部煤炭预查”工作的开展,以及对烃源岩分布特征和烃源岩生烃过程的模拟研究,认为青海省聚乎更煤矿区煤系烃源岩主要有 3 种:煤、暗色泥岩、油页岩。煤层主要分布在木里组上段,以下₁煤和下₂煤 2 层巨厚煤层为主要代表;暗色泥岩贯穿于木里组上段、江仓组下段、江仓组上段;油页岩主要分布江仓组上段。煤系烃源岩有 2 次生烃过程,分别为侏罗纪晚期—白垩纪早期、古近纪早期,前者为主要生烃期,后者为次要生烃期。

关键词:煤系; 烃源岩; 生烃过程; 聚乎更

中图分类号: P618.130.2

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2021)02-0212-05

Study on Hydrocarbon-Generating Process of Coal Measure Source Rock in Juhugeng Coal Mine Area of Qinghai Province

GENG Qingming, YANG Zhenning, NIU Zhixin, WANG Weichao, ZHANG Yong'an, ZHAO Guangtong, LIU Wenjin, LI Qinghai, MA Zhengwen

(No. 105 Exploration Party, Qinghai Coal Geology Bureau, Xining 810007, Qinghai, China)

Abstract: Based on the “pre-survey of Juhugeng coal mine in Tianjun County, Qinghai Province” and the simulation research on the distribution characteristics and hydrocarbon-generating process of the source rocks, it is considered that there are three kinds of source rocks: coal, dark mudstone and oil shale. The coal seams are mainly distributed in the upper section of Muli formation; dark mudstone is in the upper section of Muli formation and Jiangcang formation; oil shale is mainly distributed in the upper section of Jiangcang formation. Two hydrocarbon-generating processes of the source rocks are late Jurassic-early Cretaceous and early Paleogene with the former being the main hydrocarbon-generating stage.

Keywords: coal series; source rock; hydrocarbon-generating process; Juhugeng

青海省木里煤田聚乎更矿区是复杂构造区煤层气富集成藏的典型地区,其煤系的变形变位普遍存在(曹代勇等,2010)。自该地区发现天然气水合物以来,研究区煤层气等非常规气作为天然气水合物的重要气源也受到了广泛重视(曹代勇等,2012),这

也使得聚乎更煤矿区煤层气地质研究方面得到了加强(郭晋宁等,2011;秦荣芳等,2013;李靖等,2017)。通常认为,聚乎更煤矿区煤层气主力含气层为中侏罗统下部的下₁煤、下₂煤 2 套厚煤层(郭晋宁等,2011),其埋深适中,有机质类型为 III 型,镜质体反

收稿日期:2020-03-07;修回日期:2020-11-02

基金项目:青海省地勘基金项目“青海省天峻县聚乎更煤矿区南部煤炭预查”(2017042104kc054)资助。

作者简介:耿庆明(1986-),男,本科,地质工程师,主要从事地质勘查及相关地质工作。E-mail:1967623010@qq.com。

射率 R_o 为 0.80%~1.20%, 进入成熟阶段(唐世琪等, 2015), 显示出良好的煤层气勘探开发潜力。

1 区域地质背景

研究区所在的木里煤田位于青藏高原东北缘, 大地构造位置位于祁连造山带的中祁连断隆带。聚乎更煤矿区位于木里煤田西部, 主体构造线方向为

北西—南东向, 矿区南北两侧均为中侏罗统含煤岩系向斜, 中部为三叠系背斜, 构成了矿区的主体构造(图 1)。矿区内南北 2 个向斜的翼部均受到由南向北的挤压, 其褶皱边缘均发育规模较大、北西—南东走向的逆冲推覆断层(孙红波等, 2009; 姚宏鑫等, 2017), 使得煤系普遍发生了变形和变位。在以往煤田勘探过程中, 将煤矿区划分为 4 个井田和 3 个露天矿(图 1)。

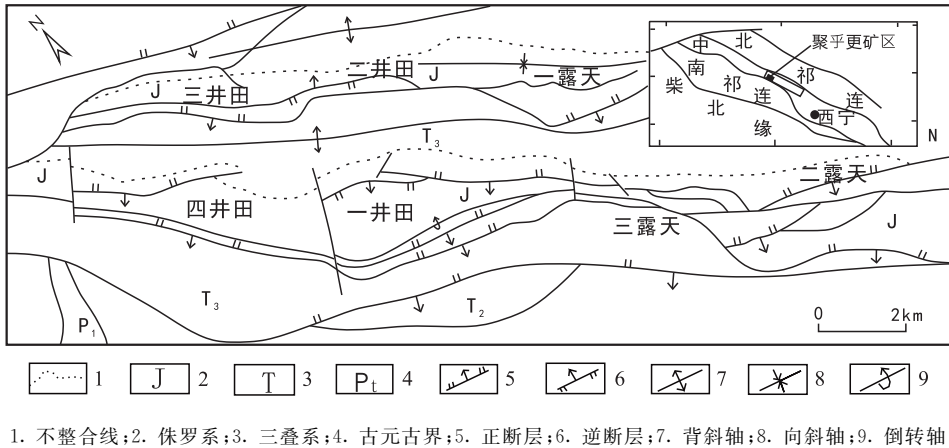


图 1 聚乎更矿区构造示意图

Fig. 1 Structural diagram of Juhugeng mining area

煤矿区南北 2 个向斜中发育的中侏罗统为研究目的层位, 其上部为江仓组, 下部为木里组, 由下至上经历了辫状河→河漫沼泽→三角洲→滨浅湖→半深湖→深湖相沉积环境(邵龙义等, 2015), 大体上是一个水进的过程。煤层主要发育在木里组上段, 以下₁和₂层巨厚煤层为主要代表, 也是研究区煤层气主力层位; 此外, 在江仓组下段发育有数套薄煤层。

2 煤系烃源岩生烃过程研究

2.1 烃源岩分布特征

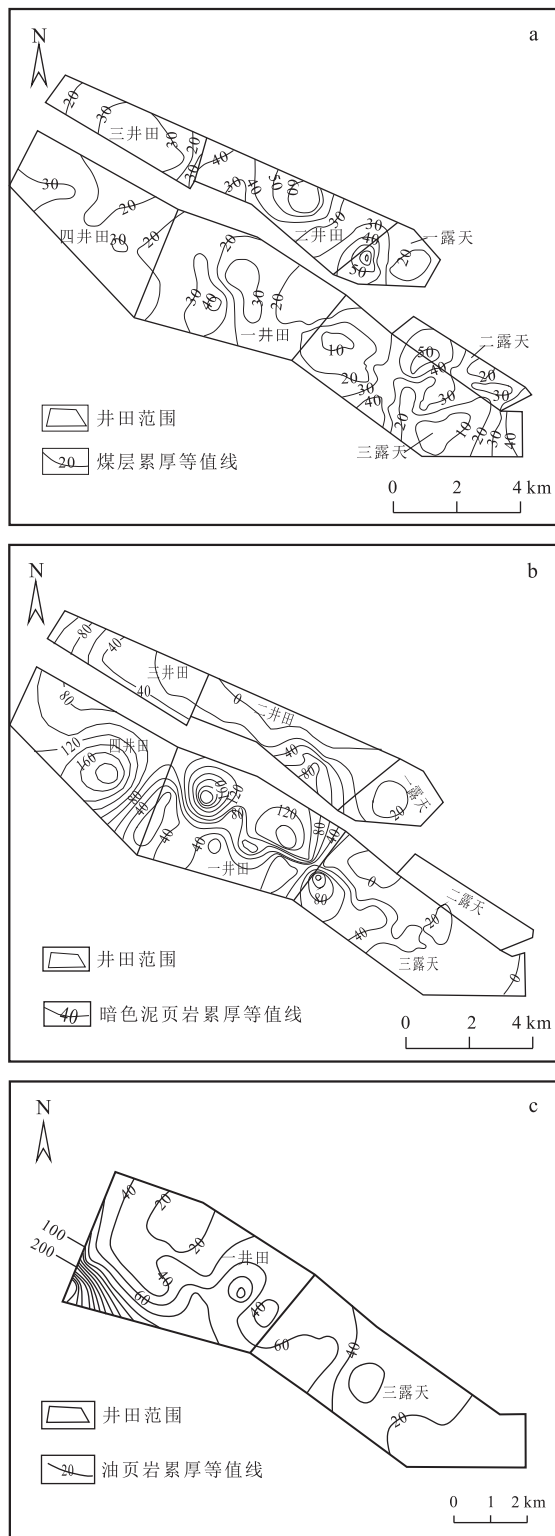
研究区中侏罗统煤系烃源岩主要有 3 种: 煤、暗色泥岩、油页岩, 3 种烃源岩分布特点如下。

(1) 煤层主要分布在木里组上段, 以下₁煤和₂煤 2 层巨厚煤层为主要代表, 这 2 套厚煤层形成于河漫沼泽、三角洲沉积环境, 也是聚乎更煤矿区全区分布的主采煤层。此外, 在江仓组下段也发育数套薄煤层, 虽然其厚度小且并未全区分布, 但作为煤系气源岩, 其生气作用亦不可忽视。

(2) 暗色泥岩贯穿于木里组上段、江仓组下段、江仓组上段。在木里组上段常常作为煤层的顶底板与₁煤、₂煤互层, 其颜色也较暗, 总有机碳含量(TOC)一般大于 0.6%。而与该段粉砂岩互层的暗色泥岩比例较低, 其 TOC 含量也较低。在江仓组下段和上段, 暗色泥岩比例均较高, 其形成环境为三角洲、滨浅湖以及深湖, 且在江仓组下段时常以粉砂岩互层形式出现。

(3) 油页岩主要分布在江仓组上段, 其形成环境为深湖相, 为大套发育的厚层状。油页岩的主体分布区域在煤矿区的西南部以及南部, 江仓组时期这部分区域为深湖沉积环境, 因此, 油页岩的干酪根类型大多为 II₁—II₂, 显示出良好的油气生烃潜力。

为了弄清楚研究区烃源岩的平面分布特征, 统计研究区煤炭钻孔、天然气水合物钻孔中 3 种烃源岩真厚度, 其等值线见图 2。其中, 暗色泥岩包括钻孔柱状图中深灰色泥岩、黑灰色泥岩、黑色泥岩、碳质泥岩, 而在深灰色以下各颜色的泥岩并未计入统计中, 这是因为在实验测试过程中发现深灰色以浅的泥岩, 如灰色、灰白色泥岩的 TOC 含量大多小于



a. 煤层累厚等值线图; b. 暗色泥/页岩累厚等值线图; c. 油页岩累厚等值线图

图2 研究区烃源岩总厚等值线图

Fig. 2 Contour map of total thickness of source rocks in the study area

0.5%,按照烃源岩评价的一般指标(陈建平等,1997)属差的烃源岩,而国外一些学者认为,低TOC的源岩不能成为有效烃源岩。因此,笔者只统计深灰色以上的暗色泥岩,统计的钻孔为120口左右,尽量使其平均分布于全区。需要说明的是,此次统计的是经过构造后期改造使得中侏罗统在垂向上重复出现或者遭受消减后叠加的烃源岩厚度,即现今构造格局下的各类烃源岩厚度等值线图。

由图2可以看出,煤层在全区均有分布,累计厚度为1.80~83.65m。从煤炭开采的角度讲,单层厚度大于8m的煤层可称之为巨厚煤层(杨启,1979)。此外,大于40m的煤层可称之为超厚煤层。而聚乎更煤矿区巨厚煤层所占比例最大(达63.37%),小于8m的煤层所占比例最少(图2a、图3)。煤层在煤矿区中北部(二井田和一露天)厚度最大,由西往东厚度逐渐增大。

暗色泥岩亦在全区均有分布,厚度为0.79~245.70m,在矿区中部及西南部(一井田和二井田)最厚,厚度分布呈现出由西南往东北方向递减的趋势。其中,在暗色泥岩厚度分布中,8~40m厚度所占比例最高(达48.31%),大于40m的暗色泥岩位居第二,小于8m的暗色泥岩比例最小(图2b、图3)。

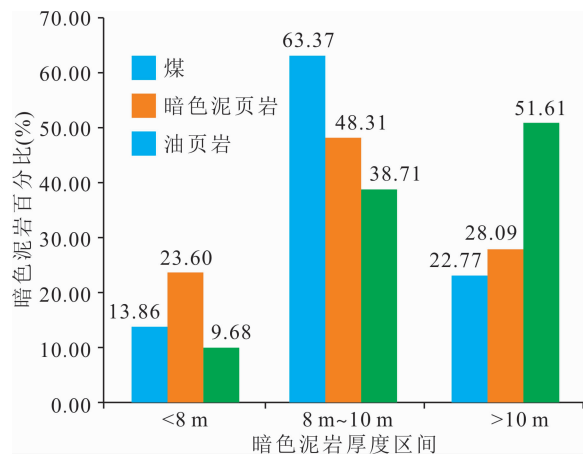


图3 各烃源岩厚度分布范围比例图

Fig. 3 Ratio of thickness distribution range of each source rock

油页岩只在煤矿区的中南部(一井田和三露天)有分布,而在其他井田则未发现有油页岩分布,厚度为3.33~362.00m,油页岩厚度主要在大于40m的范围内,其所占比例为51.61%(图2c、图3),显示出良好的烃源岩发育特征。

2.2 烃源岩生烃过程模拟

研究区煤系烃源岩主要有煤、暗色泥岩与油页岩。研究区煤系烃源岩现已处于成熟阶段,研究煤系烃源岩生烃过程须对古地温史及烃源岩成熟度进行模拟。模拟软件为 Thermodel for windows 软件,在对 R_o 数据进行添加后,可利用成熟度模块对古地温史与成熟度史同时进行模拟。

模拟结果见图 4。中侏罗统含煤岩系在早白垩世发生埋深超过 2 000m 的沉降,最高古地温在 100

~130 °C;煤系烃源岩在中侏罗世晚期埋深超过 1 000m 时进入低成熟阶段,而在白垩纪早期进入成熟度早期阶段,并在晚白垩时期达到高成熟阶段。此时,中侏罗统煤系烃源岩大多已进入成熟阶段。从晚白垩纪—古近纪末,由于构造隆升,古地温下降至 60 °C 以下,至新近纪早期,由于挤压作用形成的凹陷使得中侏罗统快速下沉,模拟得出含煤岩系埋深在 1 500m 左右,古地温再次到达了将近 110 °C 左右,此时,烃源岩大多数进入成熟阶段。

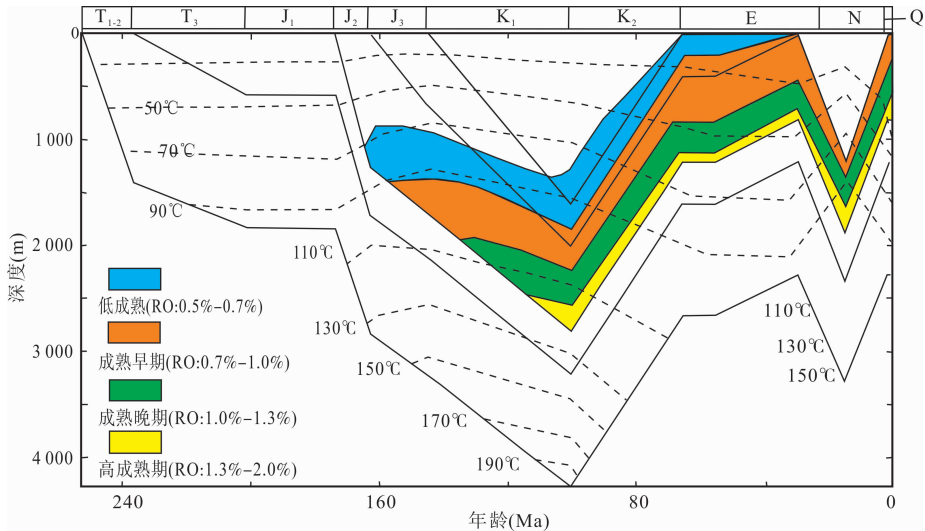


图 4 古地温史与成熟度模拟图

Fig. 4 Paleogeothermal history and maturity simulation

目前,关于煤系烃源岩的生烃门限,有学者认为煤系烃源岩 R_o 大于 0.6% 开始生烃,而在 0.8%~0.9% 达到生气高峰;也有人认为包括煤在内的煤系烃源岩在 R_o 为 1.0% 时达到生气高峰。此外,针对煤系烃源岩的显微组分而言,前人认为镜质组在 R_o 为 0.7%~1.0% 达到生气高峰(成海燕等,2008)。而根据测试分析以及前人研究发现,聚乎更煤矿区煤的显微组分以镜质组为主,且 R_o 大多在 80% 以上,这对煤系气的生成十分有利。

综合来看,笔者取 R_o 为 0.7% 时,煤系烃源岩开始大量生气,而在 0.5%~0.7%,则开始生成少量的甲烷气,至 R_o 为 1.0% 时达到煤系气生气高峰。因此,根据古地温史及成熟史的模拟结果以及煤系烃源岩有机地化参数特征,利用 Thermodel for windows 软件模拟出研究区煤系气生烃强度(图 5)。

结合图 4 和图 5 可以看出,研究区煤系有 2 次生烃,主要生烃期为侏罗纪晚期—白垩纪早期,在早

白垩世期末达到生烃最高峰,此时埋深超过 2 000m,最高古地温为 100~130 °C,煤系烃源岩主体部分由低成熟向成熟阶段转变,产生了大量湿气。由白垩纪晚期—古近纪末,研究区处于构造抬升阶段,温度降至 60 °C 以下,煤系烃源岩停止生烃。至

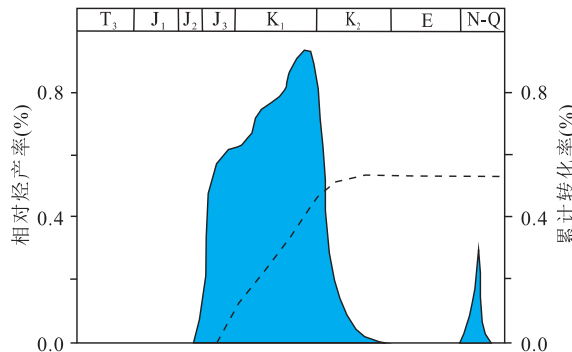


图 5 研究区中侏罗统煤系生烃强度图

Fig. 5 Hydrocarbon generation intensity map of Middle Jurassic coal measures in the study area

古近纪早期,研究区有一次快速沉降,含煤岩系埋深在1500m左右,古地温再次到达了110℃左右,此时烃源岩再次生烃,但生烃强度较低,至古近纪晚期由于构造抬升再次停止生烃。

因此,研究区煤系烃源岩有2次生烃过程,分别为侏罗纪晚期—白垩纪早期、古近纪早期,前者为主要生烃期,后者为次要生烃期。

3 结论

(1)研究区中侏罗统煤系烃源岩主要有3种:煤层、暗色泥岩、油页岩。煤层主要分布在木里组上段,以下₁煤和下₂煤为主,沉积环境为河漫沼泽和三角洲。暗色泥岩贯穿于木里组上段、江仓组下段、江仓组上段。在木里组上段,为煤层的顶底板与下₁煤、下₂煤互层,总有机碳含量(TOC)一般在0.6%以上;在江仓组下段和上段,暗色泥岩比例均较高,为三角洲、滨浅湖以及深湖相沉积。油页岩主要分布江仓组上段,其形成环境为深湖相,为大套发育的厚层状,干酪根类型大多为Ⅱ—Ⅱ₁,显示出良好的油气生烃潜力。

(2)研究区煤系烃源岩有2次生烃过程,分别为侏罗纪晚期—白垩纪早期、古近纪早期,前者为主要生烃期,后者为次要生烃期。

参考文献(References):

曹代勇,孙红波,孙军飞. 青海东北部木里煤田控煤构造样式与找煤预测[J]. 地质通报,2010,29(11):1696-1703.

CAO Daiyong, SUN Hongbo, SUN Junfei. Coal controlling structural style and coal prospecting prediction in Muli Coalfield, northeastern Qinghai [J]. Geological Bulletin of China, 2010, 29(11): 1696-1703.

曹代勇,王丹,李靖,等. 青海祁连山东冻土区木里煤田天然气水合物气源分析[J]. 煤炭学报,2012,37(8):1364-1368.

CAO Daiyong, WANG Dan, LI Jing, et al. Gas source analysis of natural gas hydrate in Muli Coalfield in Qilian Mountain permafrost region, Qinghai Province [J]. Journal of China Coal Society, 2012, 37(8): 1364-1368.

郭晋宁,李猛,邵龙义,等. 青海聚乎更矿区煤层气富集条件[J]. 中国煤炭地质,2011,23(6):18-22.

GUO Jingning, LI Meng, SHAO Longyi, et al. Enrichment conditions of coalbed methane in Juhugeng mining area, Qinghai Province[J]. Coal Geology of China, 2011, 23(6): 18-22.

秦荣芳,李靖,王崇敬,等. 青海省木里煤田煤系页岩气生烃条件分析[J]. 黑龙江科技学院学报,2013,23(6):531-534.

QING Rongfang, LI Jing, WANG Chongjing, et al. Analysis on hydrocarbon generation conditions of coal series shale gas in Muli Coalfield, Qinghai Province [J]. Journal of Heilongjiang University of Science and Technology, 2013, 23(6): 531-534.

李靖,姚征,陈利敏,等. 木里煤田侏罗系煤系非常规气共存规律研究[J]. 煤炭科学技术,2017,45(7):132-138.

LI Jing, YAO Zheng, CHEN Liming, et al. Study on the co-existence law of unconventional gas in Jurassic coal measures of Muli Coalfield [J]. Coal Science and Technology, 2017, 45(7): 132-138.

唐世琪,卢振权,王伟超,等. 青海木里三露天天然气水合物气源岩有机地球化学特征[J]. 现代地质,2015,29(5):1214-1222.

TANG Shiqi, LU Zhenquan, WANG Weichao, et al. Organic geochemical characteristics of gas hydrate source rocks in Muli No. 3 open pit, Qinghai Province [J]. Geoscience, 2015, 29(5): 1214-1222.

孙红波,孙军飞,张发德,等. 青海木里煤田构造格局与煤盆地构造演化[J]. 中国煤炭地质,2009,21(12):34-37.

SUN Hongbo, SUN Junfei, ZHANG Fade, et al. Tectonic framework and tectonic evolution of Muli Coalfield, Qinghai Province [J]. Coal Geology of China, 2009, 21(12): 34-37.

姚宏鑫,王宗秀,朱随洲,等. 柴达木盆地北缘侏罗系沉积层序的构造演化响应[J]. 西北地质,2017,50(02):16-27.

YAO Hongxing, WANG Zhongxiu, ZHU Suizhou, et al. Tectonic evolution response of Jurassic sedimentary sequences in the northern margin of Qaidam Basin [J]. Northwestern Geology, 2017, 50(02): 16-27.

邵龙义,杨致宇,李永红,等. 青海木里聚乎更天然气水合物潜在区中侏罗世岩相古地理特征[J]. 现代地质,2015,29(5):1061-1072.

SHAO Longyi, YANG Zhining, LI Yonghong, et al. Lithofacies and paleogeography of Middle Jurassic in Juhugeng gas hydrate potential area, Muli, Qinghai Province [J]. Geoscience, 2015, 29(5): 1061-1072.

陈建平,赵长毅,何忠华. 煤系有机质生烃潜力评价标准探讨[J]. 石油勘探与开发,1997,24(01):1-5+91.

CHEN Jianping, ZHAO Changyi, HE Zhonghua. Discussion on evaluation criteria of hydrocarbon generation potential of organic matter in coal measures [J]. Petroleum Exploration and Development, 1997, 24(01): 1-5+91.

杨起. 中国煤田地质学(上册) [M]. 北京:煤炭工业出版社,1979.

YANG Qi. Coalfield geology of China (Volume 1) [M]. Beijing: Coal Industry Press, 1979.

成海燕,李安龙,龚建明. 陆相烃源岩评价参数浅析[J]. 海洋地质动态,2008(02):6-10.

CHENG Haiyan, LI Anlong, GONG Jianming. Analysis on evaluation parameters of continental source rocks [J]. Marine Geology, 2008(02): 6-10.