

下扬子地区龙潭组煤系地层特征

田瑞聪^{1,2,3}, 龚建明^{2,4*}, 田杰鹏³, 徐承芬², 陈志强², 程青松²

(1 中国地质大学(北京), 北京 100083; 2 中国地质调查局青岛海洋地质研究所, 青岛 266071;

3 中国地质科学院, 北京 100037; 4 海洋国家实验室海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室, 青岛 266071)

摘要:下扬子地区二叠系龙潭组既是重要的烃源岩,也是重要的储集层,局部含煤层。通过对下扬子陆域龙潭组的沉积特征、沉积层序研究以及陆域和海域龙潭组煤系地层特征的对比认为,龙潭组煤系地层从陆域到海域,沉积物的岩性从碳酸盐岩和碎屑岩逐渐演变为碎屑岩;煤层主要分布在龙潭组的中上部,但陆域煤层之上通常发育一套“压煤灰岩”,而海域通常缺少这一套“压煤灰岩”;陆域龙潭组烃源岩丰度较高(TOC 为 2%~4%),厚度较大(200~600 m),以生油为主(R_o :0.5%~2%);与南黄海盆地崂山隆起相邻的滨海隆起二叠系分布局限,但丰度可能较高,因此,推测南黄海盆地崂山隆起二叠系烃源岩分布局限,丰度较高。

关键词:煤系地层;龙潭组;南黄海盆地;下扬子

中图分类号:P618.13

文献标识码:A

DOI:10.16028/j.1009-2722.2016.01010

下扬子地区是指扬子准台地在长江下游地段内的范围,东部为低山丘陵及平原地区,一直延伸到海区的南黄海盆地,西和西北以郯庐深断裂与华北板块为界,西南到江西九江与中扬子地区相连,南和东南以江绍深断裂与华夏板块为界,跨越江、浙、皖、赣、沪 4 省 1 市,面积约 $22.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

南黄海盆地在大地构造位置上位于下扬子地区,是下扬子的主体,西与苏北地区相连,北部以苏鲁造山带为界与中朝块体相邻,南部以江绍—沃川结合带为界,且与华南块体相邻。现今的南黄海盆地整体上是建立在中、古生代海相地层之上,经中、新生代构造运动强烈改造的二期叠合盆地。根据白垩纪以来的盆地展布特征,南黄海盆

地自北而南可划分出 3 个二级构造单元,分别是烟台拗陷、崂山隆起和青岛拗陷^[1]。

下扬子地区的二叠系分为下二叠统栖霞组和孤峰组,上二叠统龙潭组和大隆组(表 1)。其中,龙潭组的岩性主要为灰黑色泥岩与灰色细砂岩、泥质粉砂岩互层,夹煤层,厚度在 117~329 m 之间。众所周知,二叠系是南方古生界重要的烃源岩发育层位,分布面积广。其中,龙潭组分布广,富含煤层,有机质丰富,为好一极好的烃源岩(表 2)。资料显示,黄桥地区有 8 口井在龙潭组发现了含油层位,其中,华泰 3 井经压裂获日产 1.26 m^3 原油。油源对比认为,原油来自龙潭组的泥岩,属自生自储型油藏(中国石化报,2010 年 5 月 31 日)。

1 龙潭组沉积特征

1.1 龙潭组早期沉积特征

早二叠世末发生了大规模的快速海退,使盆地地势较高的部位暴露于海平面之上受到风化剥蚀作用的改造,二叠系上、下统之间为假整合接触

收稿日期:2015-11-25

基金项目:国家自然科学基金(41406080);国土资源部“南黄海前第三系油气前景研究”(XQ-2005-01);中国地质调查局项目(GZH200800503);国土资源部海洋油气资源和环境地质重点实验室基金(MRE201311)

作者简介:田瑞聪(1992—),男,在读硕士,主要从事油气地质方面的研究工作。E-mail: 371488193@qq.com

*** 通讯作者:**龚建明(1964—),男,博士,研究员,主要从事油气地质与天然气水合物研究工作。E-mail: gongjianm@aliyun.com

表 1 苏北地区二叠系岩性特征及其厚度

Table 1 Lithological features and thickness of the Permian in Subei area

系	统	组	岩性特征	厚度/m
二叠系	上统	大隆组	黑色泥岩,富含硅质	8~58
		龙潭组	灰黑色泥岩与灰色细砂岩、泥质粉砂岩互层,夹煤层	117~329
	下统	孤峰组	黑色泥岩,硅质、灰质泥岩,夹细粉晶白云质灰岩	12~76
		栖霞组	深灰色泥晶、细粉晶灰岩夹少量黑色泥岩薄层或条带	180~293

表 2 黄桥—句容二叠系烃源岩有机质丰度数据表(据文献[2])

Table 2 Organic matter abundance of Permian source rocks in Huangqiao-Jurong (from reference [2])

层位	岩性	黄桥地区				句容地区			
		TOC/%	(S ₁ +S ₂)/(mg/g)	Ro/%	干酪根类型	TOC/%	(S ₁ +S ₂)/(mg/g)	Ro/%	干酪根类型
大隆组	泥岩	7.27	6.06	1.21	Ⅱ ₂	2.91	2.09	1.25	Ⅱ ₂
龙潭组	泥岩	13.38	8.65	1.09	Ⅱ ₂	1.95	2.76	1.34	Ⅱ ₂ 、Ⅲ ₂
孤峰组	泥岩	7.83	3.97	1.33	Ⅲ ₂	4.32	0.69		Ⅱ ₂
栖霞组	泥岩	0.44	0.36			0.72	0.32		
					Ⅱ ₂			2.04	Ⅱ ₂ 、Ⅲ ₂
	灰岩	0.44	0.36			0.23			

关系,接触面之上为铝质泥岩;盆地地势较低的地区过渡为滨海湖泊,沉积了一套细砂岩、粉砂岩及泥岩夹煤层;两者之间的地区为滨海冲积平原,有河流的侵蚀和充填作用,沉积物以中砂岩为主夹煤层,有冲刷现象。接着发生缓慢的海侵,并由地势低处向地势高处的碎屑岩含煤岩系超覆沉积,这一沉积层的上部往往发育不等厚的障壁潟湖相沉积。这种海侵伴随有滨海碳酸盐沉积作用,即形成“压煤灰岩”,并由西向东扩展超覆^[3]。

此次青岛海洋地质研究所组织的野外露头观察揭示,南京句容青龙山龙潭组以灰色、灰黑色泥岩为主(图 1),含薄层煤线。龙潭组底部为黄色泥页岩,富含化石(菊石、双壳类等),中上部砂质成分增多,该套地层出露厚度约 136 m 左右。

1.2 龙潭组晚期沉积特征

在“压煤灰岩”形成后发生了快速海侵,大部分地区沦为较深水的硅泥沉积盆地,沉积层为薄层硅质岩和硅质泥岩,含放射虫、海绵骨针和菊石。龙潭组晚期,皖南东部受陆源物质的影响,沉积了一套碎屑岩,其邻区则为含煤碎屑岩沉积,皖南西部广大地区仍为内源沉积,为含钙硅质岩或



图 1 句容青龙山龙潭组黑色炭质页岩

Fig. 1 Black Carbonaceous shale of Longtan Formation in Qinglong Mountain, Jurong, Nanjing

硅质灰岩,表明盆内水体变浅的现象^[4]。

2 龙潭组沉积层序

2.1 层序界线

早二叠世末,受东吴运动影响,地壳发生隆升,海平面快速下降,发生大规模海退,导致盆

缘地带的皖南东部和盆内原来已形成的碳酸盐岩台地暴露地表,遭受风化和剥蚀,龙潭组底部普遍发育一层铝质泥岩,为风化残积物^[5];宣城—宁国一带河流发育,下切侵蚀作用强烈,龙潭组底部常有含砾长石石英砂岩,且厚度较大;在贵池新华煤矿可见龙潭组砂岩直接覆于孤峰

组硅质岩之上;沿江地区,由于在茅口期为较深水盆地,沉积厚度小,在茅口期末的最大海退期仍残留水体,但淡化强烈,上下统之间为连续沉积^[6]。由上分析可知,该层序底界为隆升侵蚀不整合,有河流回春作用,故为I类层序界面(图2)。

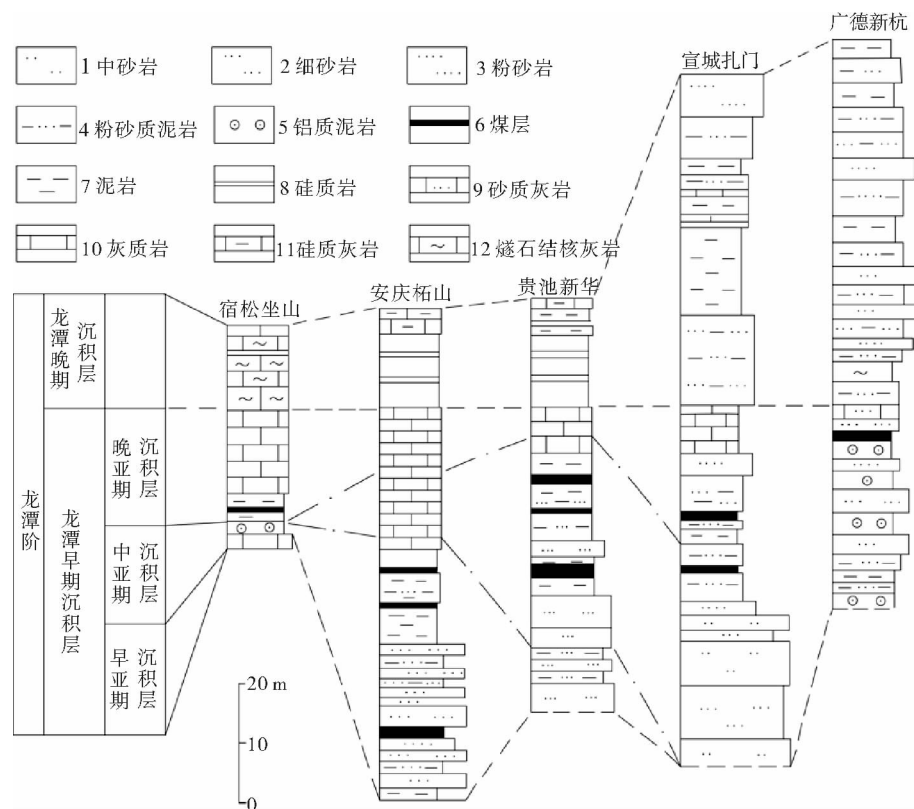


图2 皖南地区龙潭组层序及体系域对比(据文献[3])

Fig. 2 Division and correlation of Longtann Formation in southern Anhui (from reference [3])

2.2 低水位体系域

在宣城—宁国一带,由河流相碎屑岩夹煤层组成,以中细粒砂岩为主,底部含砾石,正粒序;在沿江地区,主要由一套细砂岩、粉砂岩、泥岩、炭质泥岩和煤层组成,代表低水位的滨海湖沼相沉积;皖南东部广德一带和铜陵、宿松等地,低水位期遭受风化剥蚀,形成铝质泥岩残积物^[5]。

2.3 海侵体系域与凝缩层

海侵体系域由细砂岩、粉砂岩、泥岩、煤层、灰岩及铝质岩组成,海侵由西向东由地势低处向地势高处扩展,伴随着滨海碳酸盐沉积作用(形成压

煤灰岩)由西向东的扩展和碎屑岩由西而东的退缩。在此基础上发生了快速海侵,大部分地区沦为较深水的硅泥沉积盆地。皖南西部为薄层硅质岩和硅质页岩,含放射虫、海绵骨针和菊石化石;皖南东部为黑色泥岩,含大量菊石化石,代表海平面上升速度最大时期沉积的凝缩层^[5]。

2.4 高位体系域

在皖南东部广德一带,高位体系域主要由细砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩及煤层组成,总体上粒度向上变粗,为一套障壁—湖体系的含煤碎屑岩沉积,视电阻率测井曲线上为高阻值段,顶部有陆上暴露标志,导致龙潭组与长兴组的不

整合接触。在皖南西部的大部分地区,从野外露头上,由于风化的原因很难看出岩性上的变化,但在钻孔岩心中,经薄片镜下观察可以看出成分上的变化,上部为硅质灰岩,即该层较下部钙质成分增多,钻孔视电阻率测井曲线表现较为显著,呈倒松塔型^[7]。

以上 3 种体系域中均有煤层发育,但各体系域中煤层的发育程度不尽相同。研究区内以海侵体系域中的煤层发育最好,是皖南地区主要可采煤层。该煤层分布于海侵体系域的下部,硫分含

量较高,一般>2%,为高硫煤,这与煤层形成时盆地缓慢沉降、海侵作用强烈影响有密切关系^[8]。

3 龙潭组地层对比

下扬子地区龙潭组地层分布广泛,从对比表中可以看出(表 3):陆域的龙潭组煤层主要分布在中部,陆域龙潭组煤层之上通常发育有“压煤灰岩”。而海域的龙潭组煤层同样主要分布在中、上部,但通常缺少“压煤灰岩”。

表 3 下扬子地区龙潭组地层对比表
Table3 Stratigraphic correlation of Longtan Formation in Lower Yangtze Area

地层	井位								
	巢湖地区	泾县地区	广德休宁地区	江苏南京地区	江苏南京地区	江苏无锡地区	浙江长兴地区	WX5-ST1	CZ35-2-1
上部灰岩段	燧石结核灰岩或泥质粉砂岩,细砂岩夹灰岩透镜体	灰岩、燧石结核灰岩或硅质灰岩夹硅质岩、硅质页岩、砂岩	上部海相层段	泥岩、页岩、粉砂质页岩、夹粉砂岩、细砂岩、钙质页岩、砂质灰岩	海相页岩夹灰岩	上部细砂岩夹页岩、煤层	上部泥岩、粉砂岩、细砂岩夹煤层	上部深灰色灰黑色泥岩、灰色粉砂质泥岩,见黄铁矿	顶部为细砂岩和含煤层泥岩,往下以细砂岩、粉砂岩为主,夹薄层泥岩段
中部含煤段	页岩、泥岩、砂质页岩、炭质页岩、砂岩、长石石英砂岩,含 B、C 煤组 2~5 层煤	页岩、砂质页岩、炭质页岩夹细砂岩、砂岩、长石石英砂岩,含 B、C 煤组 3~9 层煤	中部含煤段	页岩、炭质页岩、砂质页岩夹细砂岩、钙质砂岩、长石石英砂岩,含 B、C 煤组 2~5 层煤	细砂岩、页岩、含煤	中部海相页岩夹砂岩	中部砂质页岩夹砂岩	中部灰白—深灰色细砂岩夹 4 层煤和砂岩	
下部长石石英砂岩段	细—中粒长石石英砂岩夹砂岩、细砂岩、砂质页岩,底部含泥砾	中—粗粒长石石英砂岩夹细砂岩、砂质页岩,底部为石英砾岩	下部长石石英砂岩段	中粗粒长石石英砂岩、夹细砂岩、粉砂岩、砂质页岩,底部含砾	长石石英砂岩	下部长石石英砂岩夹页岩	下部长石石英砂岩、含煤	下部粉细砂岩夹灰岩,褐—深灰色粉砂岩夹灰岩	

滨海隆起与南黄海崂山隆起相连,具有相同的大地构造背景和基底结构属性,其成因、演化具有相同性,因此,通过滨海隆起的地层分析可以指导崂山隆起地层的分析。由滨海基岩地质图分析可知,滨海隆起构造格局总体为近东西向的向斜,向斜核部为分布很窄的二叠系,其中,煤 14 井钻遇的龙潭组厚约 387 m,为深灰色粉砂岩及泥岩,含薄煤 5 层。由此推知,南黄海盆地崂山隆起上龙潭组煤系地层并非大面积分布,但丰度可能较高。

目前,南黄海钻遇龙潭组的钻井有 2 口: CZ35-2-1 和 WX5-ST1 井。其中, CZ35-2-1 井钻遇龙潭组 270 m,其上部 100 m(2 192~2 296 m)

的岩性主要为细砂岩和含煤泥岩,顶部往下以细砂岩、粉砂岩为主夹薄层泥岩段;其下部 170 m(2 296~2 462 m)的岩性为大套泥岩和炭质泥岩段,局部见细砂岩。WX5-ST1 井龙潭组未穿,厚度约 330 m(2 930~3 259.84 m)^[9-11]。该井龙潭组以煤层为界分为上中下 3 部分,其中,上部为深灰色、灰黑色泥岩、灰色粉砂质泥岩,见黄铁矿;中部为灰白—深灰色细砂岩夹 4 层煤和砂岩;下部为粉细砂岩夹灰岩,褐—深灰色粉砂岩夹灰岩。

上述 2 口井龙潭组的岩性特征、测井曲线特征见图 3、4。从柱状图上可以看出,龙潭组的煤层主要分布在中、上部。

地层	剖面	岩性描述
龙潭组		2 192~2 296 m 顶部为细砂岩和含煤层泥岩, 往下以细砂岩和粉砂岩为主, 夹薄层泥岩段
		细砂岩: 灰色, 成分以石英为主, 细粒, 分选中等; 硅质胶结, 致密
		粉砂岩: 灰色, 硅质胶结, 较致密, 无荧光
		泥岩: 黑色, 质纯性中硬—硬, 脆, 吸水性中等—差, 团块状—碎块状
		煤层: 黑色, 中硬质纯; 有玻璃光泽用酒精灯烧不可燃不冒烟
		2 296~2 462 m 大套泥岩和炭质泥岩段, 局部见细砂岩
		泥岩: 灰黑色为主部分深灰色, 质较纯。性软, 污手, 吸水性中等, 可塑性中等, 团块状
		炭质泥岩: 黑丝, 部分炭化程度高, 且页理较发育, 为炭质页岩, 性较软—中硬, 质较纯, 污手, 吸水性中等, 团块—碎块状
		细砂岩: 深灰色, 石英为主, 次为暗色矿物; 细粒, 部分粉粒, 次圆状; 分选中等, 硅质胶结, 致密, 见少量黑色炭屑, 无荧光

图 3 南黄海勿南沙隆起 CZ35-2-1 井龙潭组柱状图

Fig. 3 CZ35-2-1 Drilling column of Longtan Formation in Wunansha Uplift, South Yellow Sea

地层	剖面	岩性描述
龙潭组		上部深灰灰黑
		下部灰色粉砂质泥岩, 见黄铁矿
		细砂岩夹多层煤砂岩
		灰白—深灰
		粉细砂岩夹灰岩、上部灰白—深灰白
		粉细砂岩为主夹灰岩
		下部褐—深灰色粉砂岩夹灰岩

图 4 南黄海南部盆地坳陷 WX5-ST1 综合柱状图

Fig. 4 WX5-ST1 Drilling column of of Longtan Formation in the Southern Depression of the South Yellow Sea

4 结论

(1) 海陆对比显示, 二叠系龙潭组岩性从陆域的碳酸盐岩和碎屑岩逐渐过渡为海域的碎屑岩; 龙潭组厚度较厚, 在 200~400 m 之间。

(2) 海陆对比显示, 龙潭组煤系地层主要分布在中上部, 其中, 陆域龙潭组煤层之上通常分布有“压煤灰岩”, 而海域龙潭组煤层之上通常不存在“压煤灰岩”。龙潭组的暗色泥页岩主要分布在中下部。

(3) 从层序地层划分来看, 龙潭组煤层主要分布在海侵体系域中, 是下扬子地区的主要烃源岩。陆域龙潭组以生油为主, 油源来自龙潭组本身, 构成自生自储型油气藏。

(4) 陆域滨海隆起龙潭组分布范围窄, 推测与之相接的崂山隆起上龙潭组煤系地层同样分布零星, 但丰度可能较高。

参考文献:

- [1] 龚建明, 王建强, 李小豫, 等. 南黄海崂山隆起古生界页岩气远景区[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2013, 33(6): 115-120.
- [2] 葛海霞, 张枝焕. 下扬子黄桥—句容地区二叠系—下三叠统油源分析[J]. 科学技术与工程, 2015, 15(26): 140-151.
- [3] 吴基文, 陈资平. 安徽南部晚二叠世龙潭期岩相古地理研究[J]. 岩相古地理, 1997, 17(5): 41-49.
- [4] 靳学斌, 李壮福, 冯 乐, 等. 巢湖地区龙潭组沉积环境与聚煤特征研究[J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(4): 92-96.
- [5] 潘 磊, 陈桂华, 徐 强, 等. 下扬子地区二叠系富有机质泥页岩孔隙结构特征[J]. 煤炭学报, 2013, 38(5): 787-793.
- [6] 吴基文, 陈资平, 姚多喜, 等. 皖南龙潭阶与长兴阶界线的一种确定方法——层序地层学应用尝试[J]. 地层学杂志, 1995, 19(2): 136-139.
- [7] 吴基文, 李东平. 皖南地区二叠纪层序地层研究[J]. 地层学杂志, 2001, 25(1): 18-23.
- [8] 姜 松. 利用多重地层划分理论对皖南龙潭煤系地层的初步厘定[J]. 安徽地质, 2010, 20(2): 90-94.
- [9] 梁 杰. 构造作用对南黄海盆地三叠系青龙组储层的影响[J]. 海洋地质前沿, 2014, 30(10): 57-61.
- [10] 林年添, 高登辉, 孙 剑, 等. 南黄海盆地青岛坳陷二叠系、三叠系地震属性及其地质意义[J]. 石油学报, 2012, 33(6): 987-995.
- [11] 郑仰帝, 蔡进功. 南黄海盆地碳酸盐岩碳同位素特征及意义[J]. 石油实验地质, 2013, 35(3): 307-313.

STRATIGRAPHIC FEATURES OF THE COAL-BEARING LONGTAN FORMATION IN THE LOWER YANGTZE AREA

TIAN Ruicong^{1,2,3}, GONG Jianming^{2,4*}, TIAN Jiepeng³, XU Chengfen²,
CHEN Zhiqiang², CHENG Qingsong²

(1 China University of Geosciences(Beijing), Beijing 100083, China; 2 Qingdao Institute of Marine Geology,

CGS, Qingdao 266071, China; 3 Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;

4 Laboratory for Marine Mineral Resources, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071, China)

Abstract: The Permian Longtan Formation in the Lower Yangtze area contains not only important source rocks, but also high quality reservoirs, in addition to coal seams in some places. Based on the comparison of the depositional features and sedimentary sequences of the Formation between the land and sea areas, it reveals that the sequence starts with carbonate rock and gradually becomes clastic dominated deposits when coal-bearing strata expands from the land to the sea. Coal seams are mainly distributed in the middle and upper parts of the Longtan Formation. In the land area, there is always a covering limestone on the top of the coal, but it is missing in the marine area. The organic matters in the source rocks of the Longtan Formation are quite high (TOC: 2-4%). The source rocks are quite thick (200-600m), and good for oil generation (Ro: 0.5-2%) on land. However, the Permian source rocks around the coastal rifts next to the Laoshan uplift are restricted. Thus, we speculate that the Permian source rocks around the Laoshan uplift of the South Yellow Sea Basin is not very potential.

Key words: coal strata; Longtan Formation; South Yellow Sea Basin; Lower Yangtze