

浅谈赣东北上二叠统龙潭组层序地层、古地理与乐平煤

徐克定

(中国石油浙江油田公司)

摘 要 赣东北上二叠统龙潭组为一个完整的准二级层序,含 15 个三级层序,按体系域分七个阶段描述了古地理特点。垂向上水体由浅至深再至浅,横向上南浅北深,有官山段上部、狮子山段、王潘里段上部三个障壁形成期。赣东北龙潭组含煤建造,多数是在潮汐为主的水动力条件下形成的,成煤环境与潮汐带伴生在一起,不同成煤环境形成不同的煤。退积型平缓潮坪,分内、中、外三种亚环境,分别形成富镜质组树皮煤、贫镜质组树皮煤、富镜质组含树皮煤;障壁后潮坪形成富镜质组富树皮煤;三角洲平原和滩脊带形成腐植煤。真正质量最好的乐平树皮煤,只发育在退积型平缓潮坪的中带。不同类型的煤,生烃条件大不相同。

关键词 龙潭组;层序地层;古地理;煤形成环境;江西;乐平

中图分类号: TE111.3 **文献标识码**: A

上二叠统龙潭组为江西最主要的含煤和产煤层系,其中所夹的树皮煤含油率在全国最高。解放后,江西省地矿局、煤炭厅所属的研究所、勘探队对龙潭煤系的沉积环境和树皮煤的成因进行了系统研究,有丰富的成果资料。1991 年中国石油天然气总公司和江西省人民政府商定分南北两个盆地,重新开启江西省油气勘探工作。北盆地勘探主要是指鄱阳湖区及其边缘以海相古生界为主的油气勘探,为了组织勘探施工,开始进行了北盆地周围的地质构造和龙潭组沉积环境的调查研究。21 世纪初,北盆地赣东北区块由原浙江石油勘探处登记,继续开展油气勘探,进行数字地震面积普查、深井浅井钻探和油气测试。笔者主要对北盆地进行了油气地质条件的比较研究,重点是岩心岩屑编录,通过钻井和地表剖面的系统观察,进行龙潭组层序地层、岩相古地理和乐平煤系树皮煤生油研究,描述岩心近 10 口井,地表剖面 5 条以上,研究录井剖面多条,并在前人的基础上用层序地层学的方法,草成了此文。

1 赣东北龙潭组层序地层

赣东北主要指赣江断裂以东,官帽山断裂以北的江西东北部地区,相当于地层分区的宜春乐平区的东部(图 1)。龙潭组以往也被称之为乐平组,自下而上分为官山、老山、狮子山、王潘里四段^[1]。

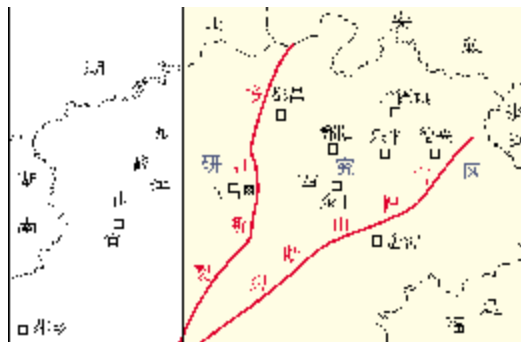


图 1 赣东北研究区位置图

中二叠世,华南碳酸盐岩台地发育进入稳定阶段。形成东西两个相对峙的古地理单元,西部中、上

收稿日期: 2010-07-20;改回日期: 2012-04-15

徐克定: 1932 年生,教授级高级工程师。1958 年毕业于北京地质学院石油系,曾任浙江石油勘探处总地质师、中国石油天然气勘探开发区域勘探项目经理部副经理。发表论文 10 余篇,曾获部级科技进步成果二、三等奖。通讯地址: 311100 浙江省杭州市余杭五常荆山岭

扬子浅海,为东倾巨型碳酸盐岩大缓坡;东部浙闽赣浅海,为西倾的碳酸盐岩大缓坡,两者之间是湘桂次深海。东吴运动后,到了龙潭期,进入海平面升降的转折期,改变了华南沉积区域沉积面目,形成东西相对应的陆相沉积区,中间为海域环境^[2](图2)。赣东

北处于东部皖浙赣西浅海,上二叠统由上、下两种不同性质的沉积物组成,下部为龙潭组碎屑岩,上部为长兴组碳酸盐岩。龙潭期形成了一个完整的 I 型层序,据乐探 2 井、鸣检 1 井和检 3 井单井相分析,及地表露头资料,层序有以下特点(图 3)。

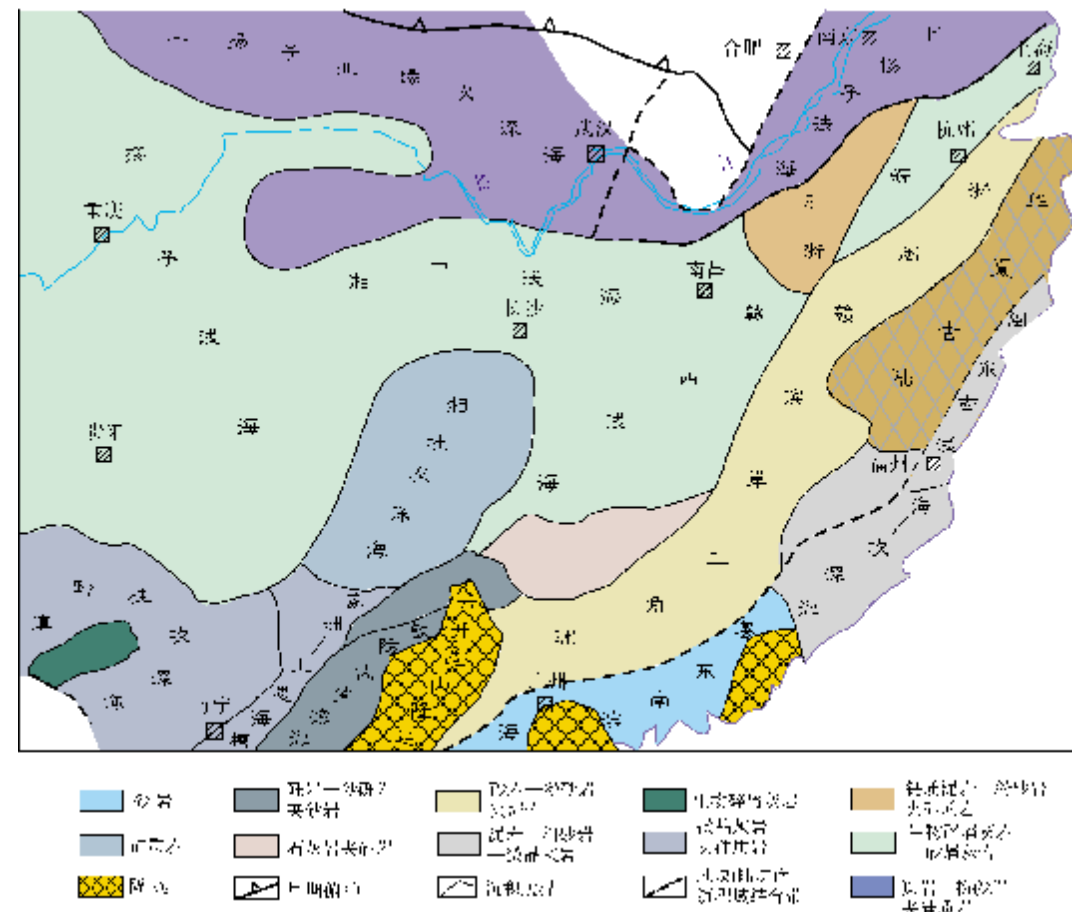


图 2 华南中东部晚二叠世构造-岩相古地理图(据文献[2])

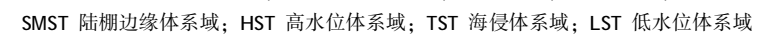
1.1 与中二叠统间为 I 型层序界面

官山段沉积前,海平面快速下降,其下降速率大于堆积的沉积速率。沉积空间缩小,形成北东向的萍乐断陷,官帽山以南,形成隆起和三角洲平原;北侧九岭障公山地区为剥蚀夷平的准平原,滨海相沉积可能仅局限在萍乐断陷内。断陷内中二叠统茅口组石灰岩与上覆晚二叠世的龙潭组官山段碎屑岩的岩性岩相出现突变,从台地碳酸盐岩向上突变为海岸平原相泥坪滩脊相砂泥岩沉积,古生物从海相动物变为陆相植物。层序界线不整合面以下的沉积物具

有明显的陆上暴露特征,层序界线不整合面以上,在鸣山一带形成潮上带泥坪和风暴滩脊沉积,进贤钟陵桥和莲花峙垅一带形成河流三角洲沉积,邻区万载黄茅官山段底部有古风化壳含砾。因此属于典型的 I 型层序界面。

1.2 低水位体系域(LST)

低水位体系域由官山段下部潮上泥坪和滩脊沉积组成,形成脊槽体系。鸣山一带,自下而上发育三个三级层序,由三个脊间泥坪和三个滩脊组成。最下一个滩脊厚仅 1.32 m,上部两个厚达 7~8 m,滩脊岩



性为灰色岩屑石英中砂岩和含砾砂岩,粒度由下而上变粗,砾石多见于顶部,成明显的反递变,有单向斜层理,下部滩脊含少量泥砾。推测当时气候炎热、潮湿,造成潮上泥坪为黑色泥岩与灰绿紫红色杂斑泥岩。

1.3 初始海泛面

为官山段上部的障壁岛沉积,自下而上由涨潮三角洲、后滨、前滨组成。岩性自下而上为灰黄色含泥砾石英中细砂岩→灰色厚层石英含砾砂岩→灰色中砂岩→灰色厚层石英含砾砂岩→灰色中砂岩,形成海进式的障壁岛沉积旋回。前滨含砾石英砂岩中发现海绿石和腕足化石。海绿石为低速自生矿物,代表沉积间断时的缓慢沉积,但当海绿石混进砂岩中形成海绿石砂岩时,通常成为海平面上升时形成的海侵体系域。

1.4 海侵体系域(TST)

包括官山段上部障壁岛、老山下亚段广海潮坪及老山中亚段的浅海陆架泥页岩,这是海平面上升速率向最大值增加阶段的产物;底部以障壁岛初始海泛面为界,向上由退积型障壁岛、退积型潮坪及退积型浅海陆架三部分组成。退积型障壁岛形成第四个三级层序,退积型潮坪组合包括第5至第9个三级层序。第5、第6和第7三个层序,以潮上潮间为主,夹B₁煤层;第8个为潮间混合坪和泥炭坪,夹B₂煤层;第9个潮下沙坪夹潮间沉积,发育B₃和B₄煤层,反映海平面逐渐上升,海水加深。退积型浅海陆架形成第10个三级层序,为灰、灰黑色含菊石泥岩、粉砂质泥岩,中部夹较多粉砂岩,往上变深,形成灰黑色泥岩,水体最深在上部。

1.5 最大海泛面或凝缩层(CS)

为老山中亚段顶部黑色泥岩,颜色最深,产大量菊石和腕足类。

1.6 高水位体系域(HST)

海平面上升至最高位,形成凝缩层后开始缓慢下降,变成滨岸海退沉积,包括老山上亚段的进积型广海潮坪、狮子山段的进积型障壁岛和王潘里段的障壁后潮坪沉积。进积型广海潮坪位于障壁岛前,形成第11个三级层序,由潮道、泥炭坪、潮间坪组成,含

丰富的植物化石和海相化石。主要岩性为含粉砂条带的泥岩夹砂岩和B₁煤层。进积型障壁岛,形成临滨至前滨组合,包括第12和第13两个三级层序。临滨为深灰色块状粉细砂岩,具青鱼刺层理,前滨为深灰色砂纹层理粉细砂岩,具透镜状层理。化石种类单一,主要是腕足类长身贝。障壁后潮坪潟湖沉积,包括第14和第15两个三级层序,由潮道砂岩和潮间坪、潟湖和沼泽组成。主要岩性为夹粉砂条带的泥岩和煤层多次叠置组成,顶部有三个瓣鳃、珊瑚、腕足生物层应属潮沟滞留沉积。

1.7 与上覆长兴组为假整合接触

龙潭组顶部泥岩,与长兴组台地相石灰岩成平行不整合接触,两者形成SB₂层序界面。

2 赣东北龙潭期沉积相

2.1 赣东北地区晚古生代沉积环境演变

赣东北位于九岭隆起以南,萍乡—乐平北东向晚古生代拗陷内,泥盆纪开始海水自西而东逐渐侵入。早石炭世海水到达赣江断裂以西,早石炭世梓山期形成滨海潮坪沉积,中、晚石炭世黄龙期、船山期为碳酸盐台地。早二叠世龙吟期,在宜丰—景德镇断裂以北的九岭障公山地区缺乏沉积,萍乐拗陷内,继承形成碳酸盐台地。中二叠世栖霞期和茅口期,成为东南碳酸盐岩缓斜坡的西部,中二叠世末发生东吴运动,地壳上升,晚二叠世在缓斜坡基础上形成滨海煤系沉积,叠置在中二叠世茅口期不同岩性岩相的地层上,最后为晚二叠世长兴期碳酸盐岩浅海台地全面超覆。

2.2 低水位体系域古地理(图4)

茅口期末发生东吴运动,华南广大地区隆升,在茅口期碳酸盐台地基础上,形成河流回春的三角洲和风暴形成的滩脊沉积。龙潭期官山早时在赣东北地区可能是一个海湾,官帽山断裂以南形成三角洲平原与隆起,供应陆屑。宜丰—景德镇断裂以北,德安付宅剖面上缺乏沉积,推测九岭障公山地区是一个剥蚀夷平区。东北部安徽涛留一带没有发现沉积,南、北、东三面是陆地,中间是滨海,推测是一个北东走向并东抬西陷的一个海湾。海湾内部可分四个亚相带:

东北部泥坪相带,以仙槎剖面(图4中2号点)为代表,主要岩性为灰黄色粉砂质泥和泥岩,不夹砂岩,属于悬浮物质较多的潮上泥坪;

滩脊沟槽体系,鸣山(图4中3号点)附近三次滩脊与四次泥坪交互;

河口三角洲分布在莲花和进贤钟陵桥(图4中10号点)一带,沉积厚度大,达滩脊沟槽体系的三倍,夹多层煤,同样属A煤组;

向阳煤矿泗源9-2井(图4中7号点)为潮下砂岩。

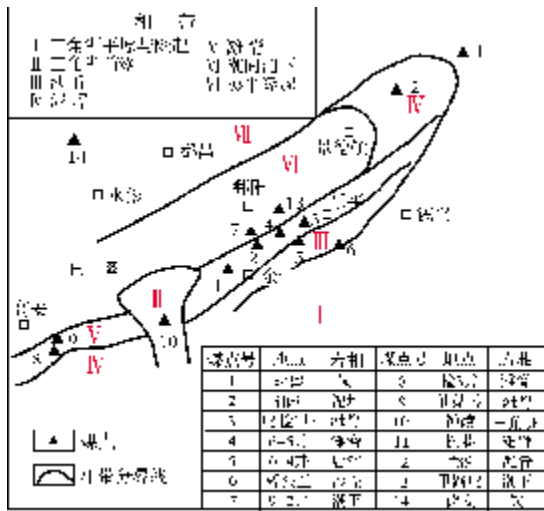


图4 赣东北龙潭期低水位体系域古地理图

2.3 初始海泛面与早期海侵体系域古地理(图5)

龙潭期官山晚时海水进一步侵入,碎屑供给增加,海湾已打开,畴留(图5中1号点)一带已为滩相砂砾岩,赣东北与下扬子连成一片。官帽山断裂以南隆起较高,成为陆源物质供给区。官帽山以北大体可分三个相带。

滨岸沙丘—后滨相带,位于桥头丘(图5中6号点)、官木岭一带,为灰白色厚层泥质粗砂岩,石英为主,含长石、白云母及黑色矿物,间含绿色角砾状碎块,砂岩厚达120m。滨岸沙丘间有小的凹地,有多植物生长,形成不稳定煤层,属A煤组。6-4井(图5中5号点)一带为中粗砂岩夹红色泥岩,具后滨特点。

前滨后滨障壁岛相带(图5中IV相带),北东向

分布。鸣山至二甲村一带,砂体形成长条透镜状,主要岩性为矿物成熟度、结构成熟度较高的长石石英砂岩、砂砾岩,岩性为细→粗→细,从海进至海退,形成涨潮三角洲—后滨—前滨的相序。

三角洲前缘与滨岸交织带,位于钟陵桥(图5中10号点)一带,多砂岩。

临滨过渡带(图5中V相带),位于向阳煤矿一带,岩性明显变细,厚度变薄,以粉砂岩为主,少量细砂岩,多砂纹层理。更北无钻井资料,推测已进入过渡带。宜丰—景德镇断裂以北,德安一带缺少沉积,推测仍是一个夷平隆起区。

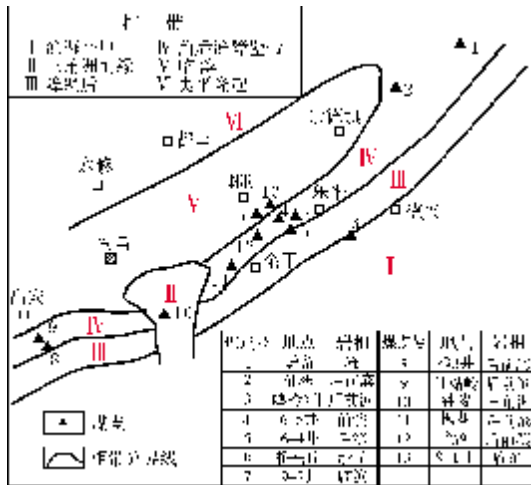


图5 赣东北龙潭期海侵体系域早期古地理图

2.4 海侵体系域中期岩相古地理(图6)

官山晚亚时后,老山早亚期海底地形变平,潮坪沉积范围向南西扩大,南部边缘相带线大体在德兴至吉安一带,走向由北东转为北北东。可分为三个岩相带:

I 南部滨海平原,主要为隆起和陆相沉积。

II 从桥头丘至6-5井(图6中6、4号点)的广阔地区为潮坪环境,主要为具潮汐层理的砂泥岩。鸣山(图6中3号点)一带从下至上可分为三期:早期主要是潮间潮上的沉积旋回,发育不稳定的B₁煤层;中期是潮间坪和泥炭坪,发育B₂煤层;晚期海平面又几次升降形成潮下、潮间、泥炭坪环境,发育B₃和B₄煤层。

III 宜丰—景德镇断裂以北由潮坪渐变为过渡带。

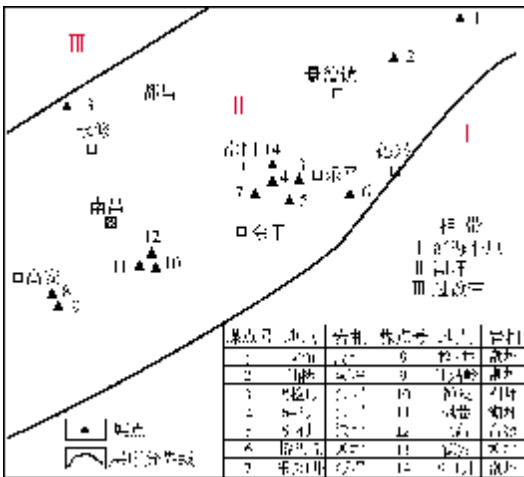


图6 赣东北龙潭期海侵体系域中古地理图

2.5 最大海泛面与海侵体系域晚期古地理(图7)

相当于老山中亚期,海平面上升,海侵进一步扩大,海陆界线类似于海侵体系域中期。但海水可短时尚向南进一步侵进,自南而北可分为四带:

I 滨海沉积平原,见于铅山一带,以泥岩为主,可能有局部海侵,属于滨岸沼泽区;

II 陆架浅海,北东向分布,南宽北窄,南部以灰黑色泥岩为主,北部多粉砂岩,含大量菊石、腕足化石;

III 台盆过渡带,上高七宝山剖面(图7中12号点),主要为黑色泥页岩夹石灰岩;

IV 静水低能台地,以德安付宅剖面(图7中13号点)为代表,主要为深色灰岩。

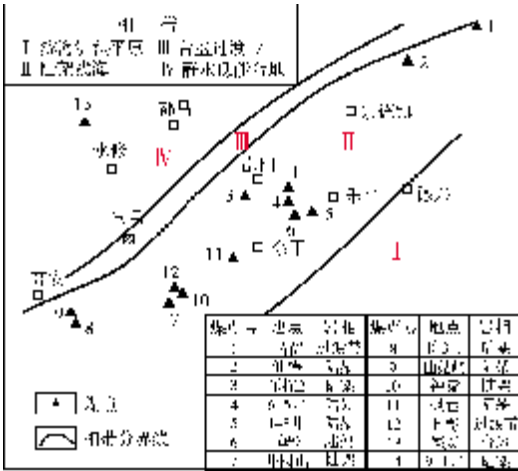


图7 赣东北龙潭期海侵体系域晚期古地理图

2.6 高水位体系域早期古地理(图8)

最大海泛面形成后,老山晚期开始,海平面逐渐下降,自南而北可分为四带:

I 南部滨海冲积平原,为含大量植物化石的陆相砂泥岩。

II 广海潮坪沉积,进一步可分三个亚相带:桥头丘(图8中6号点)附近,从下而上,由潮下带向上变为潮上带。下部多砂岩,产菊石;上部以砂页岩为主,产植物,夹不稳定煤层。鸣山至官木岭一带(图8中4、5号点),水体变深,成为潮下至潮间带,下部为粉砂岩,具再作用面及双黏土层,产菊石化石,属于潮下;上部为细砂岩与泥岩,具水平、波状、透镜状、脉状和双向交错层理,含菱铁矿结核,属潮间。乐探2井至钟陵桥(图8中3、10号点)一带,下部为灰色、深灰色泥岩与浅灰色细砂岩互层,属过渡带;上部水体变浅,主要为灰色细砂岩与灰黄色泥岩中层状互层,环境变化大,产大量植物,主体属潮下、潮道相,形成B_上煤组。乐探1井产1层煤,钟陵桥产8层煤。

III 浅海盆地,以上高七宝山剖面(图8中11号点)为代表,主要岩性为燧石结核灰岩夹硅质岩。

IV 静水低能台地,以德安付宅剖面(图8中12号点)为代表,岩性为黑色薄层状硅质岩。

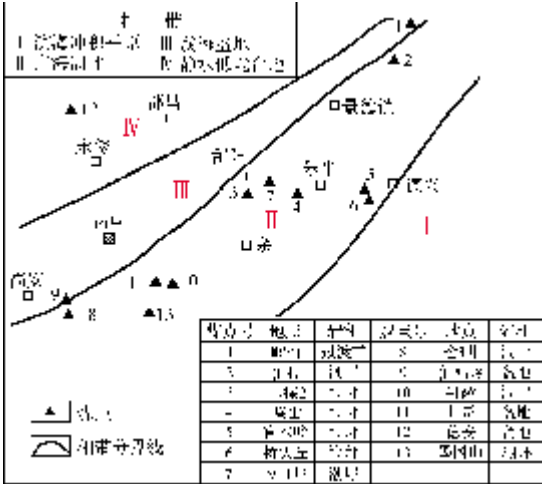


图8 赣东北龙潭期高水位体系域早期古地理图

2.7 高水位体系域中期古地理(图9)

相当于狮子山期。沉积环境又从无障碍的广海

潮坪转变为有障壁海岸,相带线走向又恢复至北东,自南而北可分五带。

I 南部滨海平原潮坪潟湖相,桥头丘(图 9 中 7 号点)附近中下部为灰色泥质细砂岩,有时为菱铁矿细砂岩,交错层理发育。砂岩中有泥质条带,形成透镜状层理,砂岩粒度分析,跳跃组分为双峰型,具潮坪特点,中上部夹一层煤。

II 前滨障壁相带,鸣山(图 9 中 3 号点)一带,下部为细砂岩夹粉砂岩薄层,局部有泥灰岩透镜体,反粒序,含菱铁矿结核,具低角度冲洗层理、波状层理与变形层理,分选较好,产大量腕足类化石。

III 临滨过渡带,乐探 2 井(图 9 中 2 号点)为深灰色粉细砂岩夹砂纹层理粉砂岩,有双向斜层理,属潮下临滨相。赣 9 井(图 9 中 4 号点)一带以粉砂岩为主,推测属临滨相。

IV 浅海台地,以上高七宝山剖面(图 9 中 11 号点)为代表,主要岩性为灰红色灰岩夹硅质岩。

V 静水低能台地,以德安付山剖面(图 9 中 12 号点)为代表,岩性为黑色灰岩。

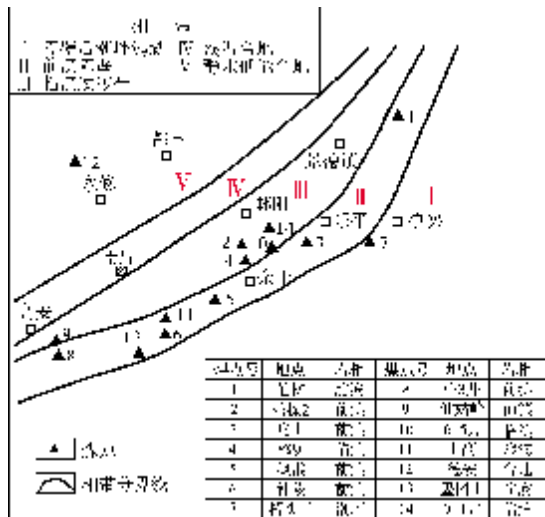


图 9 赣东北龙潭期高水位体系域中期古地理图

2.8 高水位体系域晚期古地理(图 10)

相当于王潘里期。形成有障壁海岸沉积,和高水位体系域中期的障壁岛相比,障壁位置已向北推移至仙槎—仙姑岭(图 10 中 1、9 号点)一线,从南而北可分为五带。

I 潟湖沼泽带,桥头丘(图 10 中 5 号点)附近为代表。主要岩性为灰黑色泥岩、砂质页岩夹少量粉砂岩,形成 C 煤组,有 17 个分层煤。

II 潮坪潟湖沼泽带,鸣山(图 10 中 4 号点)附近为代表。主要岩性为粉砂岩、泥岩、炭质泥岩夹细砂岩薄层,具波状层理、变形层理,夹 6 层煤。乐探 2 井(图 10 中 3 号点)附近水体变深,为潮坪相,夹多个水道沉积,夹多层菱铁矿泥岩,顶部水道中含大量腕足、珊瑚、双壳类化石,形成水道滞留沉积,夹一层煤。

III 前滨临滨障壁岛砂岩,仙姑岭剖面和回源 9-1 井(图 10 中 9、7 号点),以砂岩和粉砂岩为主。

IV 浅海,上高七宝山剖面(图 10 中 10 号点),黑色泥岩和硅质岩为主。

V 台地,德安付宅(图 10 中 11 号点),以灰红色灰岩为主。

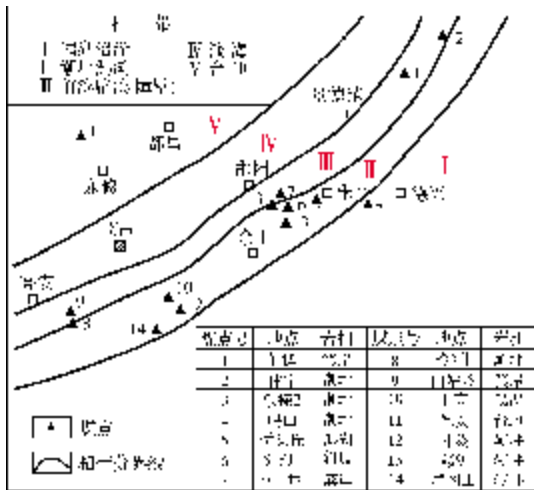


图 10 赣东北龙潭期高水位体系域晚期古地理图

3 赣东北龙潭期煤的显微组分与类型

近年来,多篇文章均把赣东北龙潭组的煤统称为乐平煤,又称树皮煤^[3-5]。树皮煤是残植煤的一种,定义不统一,根据张爱云等^[6]的标准(略作修改),按树皮含量的多少,分为树皮煤(壳质组●含量大于 40%)、富树皮煤(壳质组含量 20%~40%)、含树皮煤(壳质组含量小于 20%),又根据镜质体的含量,分为富镜质组煤(镜质组含量大于 40%)、贫镜质组煤(镜质组含量小于 40%)。

① 本区壳质组中树皮含量占 98%以上,因此用壳质组代表树皮含量

实际上，赣东北地区龙潭组的煤可分A、B_下、B_上、C四组(表1),每组煤又可分成不同层。不同组不同层的沉积环境不同,煤的显微组分也不同,即使同一地点同一层煤,上、中、下部煤的类型和煤的显微组分也不尽相同，因此笼统称为残植树皮煤是不确切的。为此本文对赣东北地区各矿区的

龙潭组煤层,进行了统一对比,系统收集各煤层的有机显微组分资料,按最高和最低两个数值,加权平均统计,编制成了表1 ,发现这四组煤有残植煤也有腐植煤,残植煤以富树皮煤为主,只有B_下煤组的B₂ (相当鸣山的B₃)煤层在区域上普遍达到树皮煤标准。

表 1 赣东北地区龙潭组各煤组煤层煤类型和显微组分表

地 层		煤 层	煤岩显微组分 * (%)			煤岩类型	
组	段/亚段		镜质组	壳质组	丝质组		
龙 潭 组	王潘里段	C ₃	61.7	23.9	14.9	富镜质组,富树皮煤	
		C ₂	$\frac{30.6\sim 61.0}{50.6}$	$\frac{12.6\sim 65.9}{31.5}$	$\frac{14.4\sim 39.4}{25.3}$	富镜质组,富树皮煤	
		C ₁	$\frac{33.6\sim 56.3}{43.0}$	$\frac{22.3\sim 45.3}{34.3}$	$\frac{16.2\sim 34.0}{24.3}$	富镜质组,富树皮煤	
	老山上亚段	B _上				富镜质组,含树皮煤	
	老山下亚段	B _下	B ₄	$\frac{43.8\sim 68.5}{54.4}$	$\frac{7.5\sim 39.6}{20.9}$	$\frac{20.5\sim 45.8}{30.5}$	富镜质组,富树皮煤
			B ₃	$\frac{13.7\sim 79.1}{58.7}$	$\frac{4.1\sim 58.0}{17.9}$	$\frac{7.9\sim 16.8}{13.7}$	富镜质组,含树皮煤
			B ₂	$\frac{10.8\sim 48.7}{29.8}$	$\frac{31.8\sim 82.0}{56.9}$	$\frac{3.1\sim 28.8}{13.7}$	贫镜质组,树皮煤
			B ₁	$\frac{43.8\sim 45.4}{44.6}$	$\frac{33.3\sim 34.6}{34.0}$	$\frac{19.3\sim 20.0}{19.7}$	富镜质组,富树皮煤
	官山段	A	高	微量	—	腐植煤为主	

注：本表据文献[7-8]及本单位自采样统计而成。* 各数据表示为： $\frac{\text{最小值-最大值}}{\text{算术平均值}}$ 。

4 不同岩相古地理环境形成不同的煤

赣东北龙潭期，多数是潮汐流为主的水动力条件下形成的残植煤，部分是在三角洲和滩脊间沟槽内形成的腐植煤。残植煤形成的条件与现代红树林泥炭坪相似,主要形成在广海潮坪和障壁海岸带;腐植煤形成在大陆环境。

4.1 退积型平缓潮坪形成的煤

这种潮坪形成的煤与红树林泥炭坪形成的泥炭相似。红树林泥炭坪可分外、中、内、下四带。外带是先锋带,位于红树林向海的潮间带外缘,红树林稀,以灌木为主,有少量乔木;中带为潮间带的中部,是密集林带,以红树林为主体;内带为潮间带的后部,是乔木林带,具双层结构,以乔木为主;下带有灌木,半红树林带位于潮上地区,主要为半

红树林植物。海侵体系域中期(老山下亚段),赣东北地区形成龙潭期范围最广阔的潮坪，随着海平面逐渐上升，成煤条件发生改变，大体可分为三带:广海潮坪中带泥炭坪、广海潮坪内带潟湖泥炭坪及广海潮坪外带泥炭坪。

广海潮坪中带泥炭坪 发育于老山下亚段的中部，海侵体系域中期，形成B₂贫镜质组树皮煤，为最典型的乐平煤。据鸣山鸣检1井和丰城检3井单井岩心相分析，B₂贫镜质组树皮煤,夹在潮间带含砂质条带的泥岩中(图11)。位于第7、第8个三级层序间，煤层具六高特点，即高挥发分 (53.62%)、高焦油率（低温蒸馏产率20.7%~26.66%）、高氢(5.58%~6.94%)、高氮(2.33%~2.68%)、高生烃潜力(188.2~387.6 mg/g)、高实验油气产率 (有机碳产油363.59 kg/t)。这种泥炭坪与现代红树林泥炭坪中带的形成环境类似。第一，B₂煤层上下的潮间带沉积

中产大量大羽羊齿、苛达狄和鳞木的根部化石,具热带雨林植物群特点。丰城检3井B₂煤层之上的潮间带,夹粉砂条带的黑色泥岩,有钙芒硝,也证明气候炎热干燥;第二,B₂煤层大范围分布,煤层上下多为夹粉砂条带泥岩,局部有潮汐层理,应形成在风浪较弱的潮间带。煤层具水平至微波状层理,无机组分以黏土矿物为主(黏土含量2.5%~5%),并成团块状及星散状分布在煤中,说明成煤植物群分布区有淤泥

堆积,潮汐波浪冲洗作用不强,水流不通畅,无法把淤泥冲走,但煤中丝质组和镜质组多成碎片状,说明发生过反复的筛选,可能潮汐起了作用;第三,硫含量为2.86%~3.06%,硼的质量分数为(50~399)×10⁻⁶,铈钕比为1,说明形成于滨海环境。镜质体高于丝质体,说明沉积时有一定积水,鸣山一带姥植比为0.96~1.04,一般为微咸水还原环境,含较多分散状黄铁矿与菱铁矿,说明属于中性至弱酸性土壤条件。

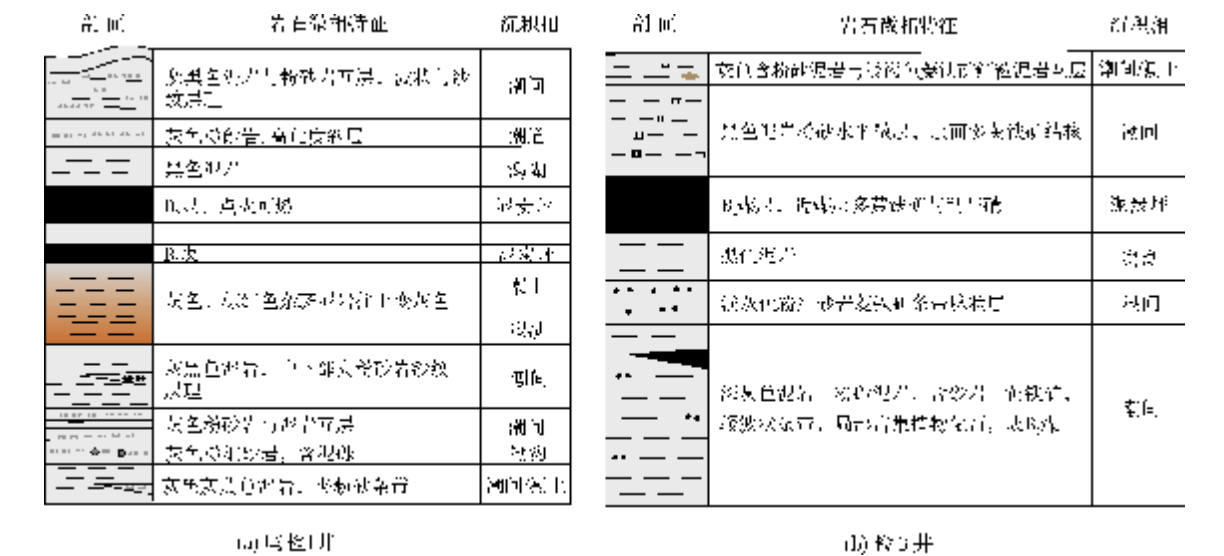


图 11 赣东北鸣检 1 井和检 3 井 B2 煤层沉积序列对比图

广海潮坪内带潟湖泥炭坪 发育于老山下亚段的中下部,海侵体系域中期的中下部,第6、第7个三级层序间。B₁富镜质组富树皮煤,发育于广海潮坪潟湖潮上带之上,形成环境相当于红树林的内带至半红树林带,植物群同样具热带雨林特征。成煤序列,从障壁岛砂岩开始,向上过渡为潟湖潮坪相,成煤后马上被潟湖潮上沉积覆盖。鸣山地区煤层底板为潟湖潮上带的根土岩,煤层以炭质泥岩为主,不稳定,局部可相变为透镜状煤,以暗煤为主,夹镜煤纹层,偶含菱铁矿,灰分高(37.77%~63.0%),硫分变化大,鸣山附近含硫0.23%~0.36%,往西至进贤钟陵桥,硫化铁含量增加至2.5%,姥植比为2,镜质体特高,而丝质体较低,反映出煤形成于海流闭塞、积水较深的潟湖沼泽。煤中丝质体和镜质体多成条带状,很少成碎片状,说明沉积区水流平稳,很少受波浪和潮汐影响,姥植比为2.33,为微咸水还原环境,含较多菱铁矿,土壤为中性。

广海潮坪外带泥炭坪 发育于老山下亚段的上

部,海侵体系域中期的上部,第9个三级层序。B₃₋₄富镜质组含树皮煤,形成环境相当于红树林的外缘带(先锋带),位于平均潮位和低潮位之间,植物群仍属热带雨林,但常见腕足类,煤层不稳定。壳质组减少,镜质组与丝质组增加,两者之比达3:1以上,镜质组占绝对优势。煤层上下夹灰岩,硫含量特高,达到6.22%~9.4%,海水深度比广海潮坪中带增大。由于B₄煤层树皮多成碎屑状,说明沉积区内受潮汐和波浪影响大,水流冲刷造成树皮破碎。成煤序列从煤层底部的潮间带,向上变为泥炭坪,顶部常被潮下或潮道沉积迅速覆盖,姥植比为5.2~5.47,应属于弱还原环境。由于树皮体减少,和树皮煤相比,这套煤层的挥发分降低(40%),焦油率降低(8.85),氮为1.07%,氢小于5%。

4.2 广海岸进积型平缓潮坪形成的泥炭坪

大体相当于退积型平缓潮坪形成的外带泥炭

坪。有代表性的 B_上 煤组,如乐探 1 井 B_上 煤组,产于潮间潮上带的灰色粉砂岩、粉砂质泥岩和根土岩之上,化石为植物与腕足、菊石。煤层厚 2 m,亮煤和暗煤为主,含黄铁矿,上覆可能属于沙坝相的反粒序砂岩,缺少煤的显微组分分析资料。根据电阻率曲线分析认为,与 B₃ 煤层相似,煤中富含黄铁矿,沉积环境也相似,只是由退积型潮坪转变为进积型平缓潮坪。从而推论,煤的性质应和 B₃₋₄ 煤层相似,属富镜质组含树皮煤。煤组分布不稳定,丰探 2 井水体较深的地方,产一层煤,钟陵桥一带,水体较浅,产 8 层煤,有机质类型为Ⅲ型,姥植比为 3.19,OEP 为 0.83,应属于弱还原至弱氧化环境。

4.3 障壁岛后泥炭坪

具代表性的是高水位体系域晚期王潘里段沉积,发育在障壁岛后侧的成煤环境,称 C 煤组。根据区域对比进一步划分为 C₁、C₂ 及 C₃ 三亚组。C₁ 形成于第 14 个三级层序,C₂ 和 C₃ 主要形成于第 15 个三级层序,都属富镜质组富树皮煤。成煤沉积层序底部为障壁岛滨岸相砂岩,往上过渡为潮坪相,进一步又可分为三个亚阶段。早阶段为潮间和潟湖相的砂泥岩,属第 14 个三级层序,形成 C₁ 煤层。中阶段为潮间潮道沉积形成的 C₂ 煤层。晚阶段以潮下沉积为主,夹潮间,形成 C₃ 煤层。中、晚两个阶段形成第 15 个三级层序。平面上煤层都发育在障壁后较浅水的潮间带与潮上带区域,以潮下潮道沉积为主的乐探 2 井地区,没有发现煤层。丰城检 3 井一带,三个沉积亚阶段都有煤层沉积,有煤 8 层左右,7 层发育在潮间带,而桥头丘一带主要为潮间沉积,有煤 26 层。由于障壁后水动力条件较弱,成了发育热带雨林的有利条件。植物群以鳞木为主,蕨类明显减少,常有腕足类。由于到了王潘里晚期,水体愈来愈深,造成从下至上树皮体含量逐渐减少,从 34.3%减少到 31%(检 3 井),23.9%减少到 5%(桥头丘);镜质体逐渐增加,从 43%增加到 50%(检 3 井),6%增加到 61.7%(桥头丘);有机硫的含量也成升高趋势,C₁ 煤为 5.68%,C₂ 煤为 5.92%,C₃ 煤为 6.16%。同样由于在障壁后波浪与潮汐作用较弱,煤中半镜质组和丝质组多呈条带状分布,碎片状不多。无机组分以黏土矿物为主(6.2%~8.3%),并成团块状及星散状分布在煤中,说明成煤植物群分布区有较多淤泥堆积,潮汐波浪冲洗作用不强,水流不通畅。晚亚阶段沉积中多

黄铁矿,应属中酸性土壤,早中亚阶段多菱铁矿,应属中性土壤。姥植比很低(仅为 0.24~0.72),属于咸水强还原环境。

4.4 河流三角洲的腐植煤

具代表性的是官山段低水位体系域莲花峙垅和进贤钟陵桥一带三角洲平原相和泥炭沼泽相中发育的腐植煤。煤为块状体,光亮至半光亮煤。煤岩组分以半凝胶化木质镜煤为主,次为无结构的镜煤体,少见结构镜煤,有时可见少量树皮体。成因类型属腐植煤型腐植煤种,成煤沉积序列具河流相特点,从河流相砂岩向上变为泥岩夹煤,硫、磷含量低,煤的灰分高,挥发分低于 5%。

4.5 滩脊的腐植煤

主要发育在官山段低水位体系域脊槽相间分布的地区,煤层薄而不稳定。桥头丘附近有薄层透镜状煤,鸣山附近为富含炭化植物泥岩,沉积序列底板为潮上带的粉砂质泥岩,向上为腐植煤,顶板为潮上潮间带砂泥岩互层。

5 结 语

(1)赣东北龙潭组形成一个完整的准二级层序,官山下亚段的河流三角洲和脊槽沉积组成低水位体系域;官山上亚段→老山中亚段的障壁岛砂砾岩→广海潮坪→浅海陆架相沉积,形成海进体系域;老山上亚段→狮子山段、王潘里段的广海潮坪→障壁岛→有障壁海岸,形成高水位体系域。

(2)平面上龙潭期的沉积相,随着海平面的升降一直在发生变化。总的趋势为南浅北深,由障壁海岸至无障壁广海,后及至障壁海岸。整个龙潭期发育过官山上亚段、狮子山段、王潘里段上部等三个明显的障壁形成期,障壁的位置逐渐向北推移。

(3)所谓真正的乐平树皮煤,只发育在广海岸退积型平缓潮坪形成的中带泥炭坪(B₂ 贫镜质组树皮煤)。其余各煤层都达不到树皮煤标准,生油气量相对都要少,因此笼统地把赣东北所产的煤都称为树皮煤是不合适的。

(4)不同沉积环境形成不同类型的煤。广海岸退积型平缓潮坪形成的中带泥炭坪形成贫镜质组树皮煤;障壁后形成富镜质组富树皮煤;广海岸退积型平缓潮坪前缘与后方形成富镜质组含树皮煤;

到了三角洲平原和滩脊带,形成腐植煤。各种煤有不同的生烃条件,只有在退积型平缓潮坪形成的中带泥炭坪中的贫镜质组树皮煤,才有最好的生烃条件。目前在赣东北地区也只有在这个煤层附近有大量油气显示。

(5)不同类型的煤,生烃量各不相同。贫镜质组树皮煤能产生大量石油,据热解分析资料,生烃潜量最高达 340.21 mg/g,氢指数达 175 mg/g,氯仿沥青“A”达 8.219% , 其它类型的残植煤都达不到这一标准。据多块样品的产烃潜量、氢含量及焦油率统计,其含量与树皮含量成正相关。树皮含量低的煤,生烃条件比真正的树皮煤要差得多。树皮煤生烃,要求达到一定的演化程度。热解温度 300℃以下,树皮含量不管多少,生烃潜量都很低,只有热解温度达到 300℃以上,煤中的烃才会慢慢释放出来。

参 考 文 献

[1] 江西省地质矿产局. 江西省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1989.

[2] 马力,陈焕江,甘克文,等. 中国南方大地构造和海相油气地质[M]. 北京:地质出版社,2004.

[3] 周松源,徐克定,杨斌,等. 乐平煤系树皮煤生油研究[J]. 天然气工业,2005,25(9):10-13.

[4] 杨斌,马孝祥,周松源,等. 南鄱阳坳陷乐探 1 井原油树皮煤成油的地球化学特征[J]. 海相油气地质,2005,10(3):31-35.

[5] 周松源,徐克定,杨斌,等. 南鄱阳坳陷龙潭组树皮煤生烃潜力及油气成藏[J]. 石油与天然气地质,2006,27(1):17-22.

[6] 张爱云,翁成敏,蔡云开. 中国南方树皮煤的生油潜力[J]. 地学前缘,1999,6(增刊):209-215.

[7] 陈其爽,陈能贵. 中国南方晚二叠世乐平煤的成因及成煤物质[J]. 海相油气地质,1996,1(2):29-33.

[8] 吕福亮. 乐平煤成烃基础[C]//王根海. 石油地质论文集. 杭州:浙江大学出版社,1999:129-134.

编辑:金顺爱

Upper Permian Longtan Sequence Stratigraphy, Paleogeography and Leping Coal in Northeastern Jiangxi Province

Xu Keding

Abstract: The Upper Permian Longtan Formation is a complete 2nd-order parasequence that includes fifteen 3rd-order subsequences in the northeast Jiangxi province. The paleogeographic characteristics of Longtan sediments in vertical and lateral is described according to sedimentary system tract that is divided into 7 stages. Three phases of barriers formed during Longtan age, which are the upper Guanshan Member, Shizishan Member and the upper Yupanli Member. Environments of coal formation are commonly relative with tidal hydrodynamics and different sorts of coals that formed under different tidal flat environments are of quitely different hydrocarbon-generating conditions. The best quality of coal that can generate hydrocarbon is the Leping bark coal, which only developed in the middle zone of degrading gentling tidal fat.

Key words: Permian; Longtan Formation; Sequence stratigraphy; Paleogeography; Hydrocarbon origin; Coal formation environment; Leping; Northeastern Jiangxi Province

Xu Keding: male, Research Professor. Add: PetroChina Zhejiang Oilfield Branch Company, Jingshanling, Yuhang, Hangzhou, Zhejiang,311100, China