

上扬子地区晚二叠世沉积演化及聚煤^①

邵龙义¹ 刘红梅² 田宝霖¹ 张鹏飞¹

1(中国矿业大学北京校区 北京 100083) 2(北京煤炭工业学校 北京 100042)

提 要 位于上扬子板块的贵州、滇东、川南地区发育着丰富的晚二叠世煤炭资源,本文对该区晚二叠世地层、沉积环境和古地理进行系统研究,提出该区岩石地层划分对比方案,在沉积环境方面,提出本区三大相区、五种沉积体系和多种沉积相类型。分龙潭早期、龙潭晚期和长兴期,论述了研究区晚二叠世古地理演化。并对聚煤作用控制因素进行分析,认为煤层发育层位受幕式聚煤作用控制,煤层厚度则与下伏沉积物的沉积环境有关,聚煤有利部位为位于海陆交互相区的黔西地区,有利聚煤的沉积体系为三角洲、潮坪体系。

关键词 聚煤作用 古地理 晚二叠世

第一作者简介 邵龙义 男 34岁 博士 教授 沉积学与煤田地质学

位于上扬子地区的贵州、滇东、川南地区,因其晚二叠世地层中赋存着中国南方最丰富的煤炭资源,并发育从陆到海较完整的沉积相带,在学术上和生产上都有重要意义,而多年来一直吸引着地质学家,许多单位和个人都到该区进行了研究工作,尤其对该区地层划分对比、沉积古地理分析、聚煤规律等方面已经取得了令人瞩目的成果,中国矿业大学北京研究生部地质系于国家“七五”、“八五”计划期间对该区含煤岩系沉积环境和聚煤规律进行了系统研究,最近又对该煤系进行了层序地层分析。本文即把这方面的成果做一汇报。

1 地质背景及地层概况

黔、滇、川地区大地构造位置位于上扬子板块上,上扬子板块是中国板块(欧亚板块中国部分)中的一个亚板块,它在北面 and 秦岭为界,东侧和东南侧以雪峰古陆为界,西部边界目前看法不一致,陈焕疆^[1]研究认为,上扬子板块西界为红河断裂,其混杂岩(Melange)形成时期为印支期。

据刘宝琛等^[2]的研究,中国南方在地质历史上曾出现过三个不同的沉积单元,即扬子区、华南区和华夏区,扬子区是一个较为稳定的陆板块,它是1700 Ma前的小官河运动所形成的原始扬子陆块,经过1700~800 Ma之间的两次大陆连续增生阶段而陆壳化的产物。志留纪末(大约在408 Ma前)南华造山带的形成使得扬子板块和华夏板块被焊接为

统一的中国南方板块,从此中国南方进入了板内活动阶段。黔、滇、川地区大地构造位置中晚元古代和在古生代位于扬子板块上的上扬子地区,在晚古生代则属于统一的中国南方板块的一部分。从盆地类型来看,该区在二叠纪则主要属于刘宝琛等^[2]所划分的扬子克拉通盆地。

通过大面积工作和重点剖面、重点动植物化石门类及组合的研究,对本区含煤地层进行了年代地层、岩石地层和生物地层多重地层划分。在年代地层方面,将本区含煤地层划分为龙潭阶和长兴阶,特别是本次在黔西盘县火烧铺煤矿 C₂煤层顶板发现四川中华莲形菊石 *Sinoaelites Sichuanensis* 和迁江假提罗菊石 *Pseudotirolites qianjiangensis* 等典型长兴阶菊石,从而解决了黔西和滇东年代地层划分和对比的问题,对织金岩背后剖面 G₂煤层顶板“标 4”石灰岩长兴阶腕足动物群的发现,也促进了本区大区域对比问题的解决。岩石地层方面,把本区晚二叠世含煤地层划分为长兴组(及其相当的地层汪家寨组、宣威组上段)和龙潭组(及其相当地层宣威组中段和下段吴家坪组),对龙潭组及其相当地层进一步分为两段,即龙潭组上段和下段,宣威组中段和下段,吴家坪组上段和下段。同时还用高岭石泥岩夹矸作为标志层对主要煤岩层界线做了对比。本区岩石地层对比见表1,其中滇东宣威组主要为陆相碎屑岩含煤岩系,川南和黔西晚二叠世为海陆过渡相碎屑岩夹石灰岩含煤岩系,贵州东部及南部晚二叠世为碳

① 国家自然科学基金资助项目部分成果(基金编号:49772129)

收稿日期:1997-03-31

酸盐岩型煤系。

表 1 研究区岩石地层划分对比表
Table 1 Subdivision and correlation
of lithological strata in the study area

年代地层分区 地层划分	富源 - 沐川 陆相地层区	水城 - 安顺 - 兴文 海陆交互相地层区	黔东 - 川东 海相地层区
上二叠统	宣威组	汪家寨组	长兴组
	上段	龙潭组	上段
	中段	峨嵋山组	下段
	下段	峨嵋山组	下段
	峨嵋山组	峨嵋山组	吴家坪组

2 沉积体系及沉积相特征

我们对研究区含煤岩系岩矿特征、沉积构造特征、砂岩分布特征、泥质岩粘土矿物组成、古生物和痕迹化石、泥质岩微量元素组成、碳酸盐岩微相及同位素以及马尔可夫链相序分析等方面进行了系统研究,同时配合含砂率、砂岩厚度及煤层厚度的平面变化规律分析及断面沉积环境分析,我们把研究区晚二叠世含煤岩系沉积环境划分为五大沉积体系及十七种沉积类型。

2.1 辫状河及辫状河三角洲体系

发育于滇东及滇黔交界处的宣威组下段,以上二叠统底部一套厚层状的砾岩为代表,砾石大小 5 ~ 25 cm,分选较好,滚圆状,并具双向叠瓦状排列,与潮坪泻湖相泥岩、砂岩、粉砂岩等共生,并含可采的高硫煤,我们在其中进一步分为辫状河三角洲平原相、三角洲前缘相及前三角洲泻湖潮坪相,三角洲平原砾质辫状河道和砂质辫状河道沉积类型之分,三角洲前缘相有砾质河口坝及砂质河口坝沉积类型之分,前三角洲主要为潮坪、泻湖相泥岩和粉砂岩。该体系中三角洲平原辫状河三角洲朵叶之间的地区有可采煤层形成,如滇东庆云矿区 C_{18+1} 、 C_{19} 和 C_{20} 等煤层即以这种方式形成。此外,在三角洲衰退期,三角洲平原上也可形成可采煤层。

2.2 冲积平原河流体系

发育于滇东宣威组中段(相当于龙潭组上段)及滇东地区更靠西部的宣威组上段(相当于长兴组)以该区宣威组中段 C_{13+} 煤层顶为界,以下为曲流河沉积,以上为网结河沉积。

曲流河是冲积平原上的主要河流类型之一,与宣威组下段辫状河相比,其河道作用的分布更有规律,河道环境和泛滥平原环境在纵向和横向上都可

以分开来,即河流沉积二元结构清晰可辨。其沉积类型包括以细砾和粗砂为主并含泥砾、树干化石的河道滞留沉积;以细砂岩为主发育大型交错层理的边滩沉积;发育于河道边滩上部或两侧,沉积物以极细砂和粉砂质为主并有小型沙纹层理和植物根痕迹的天然堤沉积;发育冲刷面及小型沙纹层理和以细砂岩和粉砂岩为主的决口扇沉积;泛滥盆地包括以泥岩、粉砂岩和细砂岩为主的、水平层理和波状层理发育的并含植物化石碎片、菱铁质结核的岸后湖泊及岸后沼泽以及泛滥平原沉积。其中岸后沼泽是滇东龙潭组上段下部的几层煤(如 C_{13+} 和 C_{15} 煤)的主要成煤环境,煤层横向分布比较稳定,但厚度较小且结构复杂,灰分变化大(10% ~ 45%),低硫(< 0.5%)。

网结河是沉积学家近十余年来识别出的一种新的河流类型^[3,4]。在滇东,网结河沉积主要发育于宣威组中段(龙潭组上段) C_{13+} 煤以上层位,其沉积物特征与曲流河基本相似,如亦发育河道、天然堤、决口扇、泥炭沼泽和岸后湖泊等,二者区别主要表现在平面上河道型式、河道沉积与越岸沉积所占比例、各种相的发育程度以及内部沉积特征等方面。概略地说,网结河的河道分布稳定,缺少迁移现象,缺乏侧向加积沉积,网结河道的扩展是通过决口扇切入邻近湿地的冲裂作用实现的,湿地环境(湖、沼泽、泥炭沼泽)占据了网结河体系的大部分地区(约占 60% ~ 90%)。更为直接的判别是依据平面上交织成网状的河道型式以及纵横剖面上在不同成煤阶段河道砂在同一位置的稳定叠加。在湿地沼泽中形成的煤层一般比较好,厚度大且横向分布稳定,煤质低硫低灰。

2.3 三角洲—潮坪沉积体系

主要发育于黔西(贵州省贵阳—遵义以西地区)和川南龙潭组上段和长兴组中。该区上二叠统主要由陆源碎屑岩夹海相石灰岩层组成,属川滇黔地区的海陆过渡相类型。黔西地区也是中国西南地区煤炭资源最丰富的地区。综合分析表明该过渡相区沉积特征受到来自西侧陆源河流和来自东侧和东南侧广海方向的海洋潮汐作用双重因素的影响,并在一定程度上受黔中隆起的控制。河流主要来自滇东地区,有三条河流分别从盘县火烧铺、威宁哈喇河以及赫章等地进入黔西地区,这些河流入海后均形成三角洲,向海方向在三角洲外侧和远端方向,由于受到较强的海洋潮汐作用改造,常有潮坪发育,并且显示出许多潮控三角洲特征。即黔西地区靠陆方向以河

流作用占优势,靠海方向以潮汐作用占优势。黔中隆起以南地区地形坡度相对较大,主要发育伸长的鸟足状三角洲,黔中隆起以北(黔北和川南)地形平缓,主要发育短头的朵状三角洲。根据作用营力以及沉积类型,可将该区进一步划分为河控上三角洲平原、河流和潮汐作用双重控制的过渡带三角洲平原和潮控下三角洲平原及边缘潮汐平原等沉积相带,其沉积类型见图 1 所示。

该体系中各相带都可形成厚的稳定分布的可采煤层,上三角洲平原在分流间湾沼泽中发育较强的聚煤作用,下三角洲平原和边缘潮汐平原在海平面下降期间易在砂坝上(河口坝和潮汐砂坝上)发生聚煤作用。在过渡带三角洲平原上分流间湾、河口坝和潮汐砂坝上都可发生聚煤作用。滇东某些地区的宣威组、黔西南龙潭组上段及长兴组的煤层主要形成于该体系中,煤层一般较厚且分布稳定,硫含量从陆到海有规律地增加,一般从 1%~5%,以黄铁矿硫为主。

2.4 泻湖—潮坪体系

发育于川南、黔西龙潭组下段,以细粒沉积为特征,主要有铝土质泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、菱铁质泥岩及煤层等,发育水平层理、波状层理及砂泥薄互层层理。早晚二叠世之交的东吴运动使研究区大部分地带隆起成陆,遭受风化剥蚀,并夷平化,在晚二叠世早期海水重新侵入的情况下,在该夷平的古风化面上一些低凹的地带形成泻湖。由于晚二叠世早期,河流作用还未大规模地进入黔西地区,从而龙潭组下段保存了较好的泻湖—潮坪沉积,其沉积

相主要有泻湖相、潮坪相和泥炭沼泽相等,该体系成煤相对较差。

2.5 碳酸盐台地沉积体系

发育于贵州遵义—贵阳—兴义一线以东及以南地区、川南重庆以东地区、滇东地区南部,该区上二叠统几乎全由碳酸盐岩组成,局部含可采煤层。碳酸盐岩主要为石灰岩及硅质石灰岩,偶尔见白云岩。含有包括裸松藻类、粗枝藻类、有孔虫、海绵、苔藓虫、珊瑚、腕足、腹足、瓣鳃、介形虫、三叶虫、棘皮类、钙球及管状藻等门类的丰富的化石和化石碎片,另外也有砂屑、球粒、粪球粒和凝块石等结构组分。石灰岩的结构类型有颗粒岩、泥质颗粒岩、颗粒质泥岩和灰泥岩以及生物联结岩。我们在该区沉积体系中分析出 25 种微相类型,并概括出包括局限台地潮坪、近岸局限台地潮下、开阔台地、台地边缘浅滩、台地边缘生物礁及裂隙槽盆等沉积相带在内的镶边陆棚型台地模式。并提出碳酸盐台地体系三种成煤模式^[5],即台地总体变浅成煤(如贵州贵定长兴组煤层)、台内滩丘变浅成煤(如贵定吴家坪组煤层),以及台地边缘浅滩变浅成煤(如贵州罗甸边阳和平塘拉引等地长兴组煤层)。碳酸盐台地这三种变浅方式都可发育碳酸盐潮坪(主要是潮间下部),形成纹层状富陆源泥质和有机质的藻屑泥质颗粒岩,进一步在潮间上部和潮上带沼泽化则可形成有一定规模的煤层,这种煤层一般高灰、高硫、富有机硫(6%~9%),煤层夹矸或煤层本身含化石并具有较高的 Sr/B_r、B/Ga 比值,反映沼泽发育过程中受较强的海水的影响。

沉积相带	沉积类型	分布地区
河控上三角洲平原	网状状分流河道、天然堤、河口扇、河漫滩、分流间湾、分流间湾泥炭沼泽	赤水、金沙、纳雍
过渡带三角洲平原	分流间湾的分流河道、分流间湾泥炭沼泽	纳雍—毕节
潮控的下三角洲平原	分流间湾泥炭沼泽、分流间湾、河口坝、潮汐砂坝、天然堤	金沙—毕节、纳雍—毕节
边缘潮汐平原	潮坪(低、中、高)、泥炭沼泽、砂泥薄互层	金沙—毕节、纳雍—毕节

图 1 川、滇、黔地区晚二叠世三角洲—潮坪沉积体系及沉积相

Fig. 1 Delta and tidal flat depositional system and facies of the Late Permian in Schuan, Yunnan and Guizhou areas

3 古地理演化及对聚煤的控制

晚二叠世,贵州、滇东、川南广大地区为华南上扬子海一部分,其西侧有康滇古陆,北侧通过川西海域与昆化—巴颜喀拉—三江海域相连,东侧通过雪峰水下高地与东南海域相接,其南侧与黔桂交界处的南盘江深水槽盆相通^[6]。对区内沉积物有重要控制作用的古陆是西侧的康滇古陆,康滇古陆是川南、滇东、黔西地区晚二叠世的主要物源区,海侵来自研究区的东侧及南侧,对区内沉积作用起控制作用的古构造有小江断裂、盘县断裂、师宗—贵阳断裂、水城—紫云断裂以及黔中隆起等。晚二叠世,研究区为西高东及东南低的古地理格局,总的面貌为云南东部为冲积平原,贵州西部为以三角洲和潮坪为代表的滨海平原,贵州东部及南部、云南南部、川南地区东部为浅海碳酸盐台地,贵州南部紫云一带往南为深水裂陷槽环境,古地理有从西向东由陆相—过渡相—海相的展布规律。

早二叠世末期,川黔滇地区除紫云裂陷槽外,大部分地区地壳抬升到海平面以上遭受风化剥蚀,早、晚二叠世之交阶段在西部地区(主要是滇东一带)发生的大规模的玄武岩喷发,又在茅口组石灰岩顶面风化夷平面上堆积了玄武岩楔状层。在此之后,构造运动由上升逐渐转化为下降,从而开始了晚二叠世主体地层的沉积。当时的沉积基底有三种:一是滇东黔西的玄武岩风化剥蚀平原;二是黔西、黔东、川南、滇东南的茅口灰岩顶部风化剥蚀基底;三是紫云裂陷槽附近的连续沉积的海相层。这三种基底的分布明显受当时的基底断裂的制约,并明显控制晚二叠世的沉积环境格局。

晚二叠世龙潭期古地理概况如图 2 所示,龙潭早期,云南东部在康滇古陆边缘发育冲积扇沉积,再向东侧主要是辫状河和辫状河三角洲沉积^[7]。贵州西部和四川南部大部分地带则主要为泻湖潮坪沉积。这一阶段的海侵使各种沉积类型有向陆方向退积的趋势。贵州东部和南部为碳酸盐台地所覆盖。龙潭晚期,盆地构造活动趋于平稳,沉降速度减慢,山前断裂活动减弱,滇东地区发育以曲流河和网状河为主的冲积平原环境,这些河流从滇东、川西进入黔西、川南地区,并进一步发育成三角洲,在黔中隆起以北的川南地区发育了短头的朵状三角洲,以南的黔西织纳地区和六盘水地区发育伸长状的鸟足状三角洲,在三角洲之间和三角洲外侧发育三角洲间湾



图 2 西南地区晚二叠世龙潭期岩相古地理图

Fig. 2 Lithofacies palaeogeography of southwest China Longtanian, Late Permian

和潮坪沉积,这些沉积构成了黔西、川南海陆过渡相的主体。在重庆—遵义—贵阳—兴仁以东和以南地区发育碳酸盐台地。贵州南部紫云往南在整个晚二叠世都处于深水裂陷槽环境。

晚二叠世长兴期古地理概况如图 3 所示,龙潭晚期海平面沉降之后在长兴期接着发生海平面大幅度抬升,海水大规模侵入,研究区古地理面貌也随海侵而发生改变,各种古地理单元界线向陆地方向移动,当时的冲积平原已缩小到仅限于康滇古陆的前缘地带,海陆过渡相区也向滇东延伸,海相碳酸盐台地也向西扩展到重庆、贵阳以西地区。长兴期大规模海侵的同时也有多次的次一级的海退过程,因此在黔西地区形成了碎屑岩与碳酸盐岩的多次重复交替旋回。

4 海平面变化与聚煤作用关系

研究区晚二叠世聚煤作用受构造活动和海平面



图 3 西南地区晚三叠世长兴组岩相古地理图

Fig. 2 Lithofacies palaeogeography of southwest China Changxingian, Late Permian

变化强烈控制,聚煤作用兴盛期以构造活动减弱后的龙潭晚期和长兴期为佳,聚煤最有利的地段为海陆交互的黔西地区,聚煤作用最有利的沉积体系是三角洲—潮坪体系,其次为冲积平原河流体系。随海平面的升降,有利聚煤环境也随海水进退而作有规律的迁移。我们曾对本区石灰岩标志层比较发育的黔西织纳地区进行了层序地层及海平面变化规律分析,划分出三个三级复合层序和十七个四级准层序(图 4),发现聚煤中心的迁移受第三级海平面变化(与三级复合层序相对应)的控制,单个煤层的层位的形成受与第四、第五级海平面变化有关的幕式聚煤作用的控制,而单个煤层的厚度的局部变化则主要受微环境的控制^[8]。从层序地层观点看,大面积或盆地范围分布的厚煤层与其上的海相层一起,实际上是在一次沉积幕期间的最大海泛期的沉积,相

当于层序地层学的最大海泛面沉积,而较小范围分布的煤层和其上的海相层则是次一级沉积事件中海侵过程的沉积,相当于层序地层学的正常海泛面沉积。

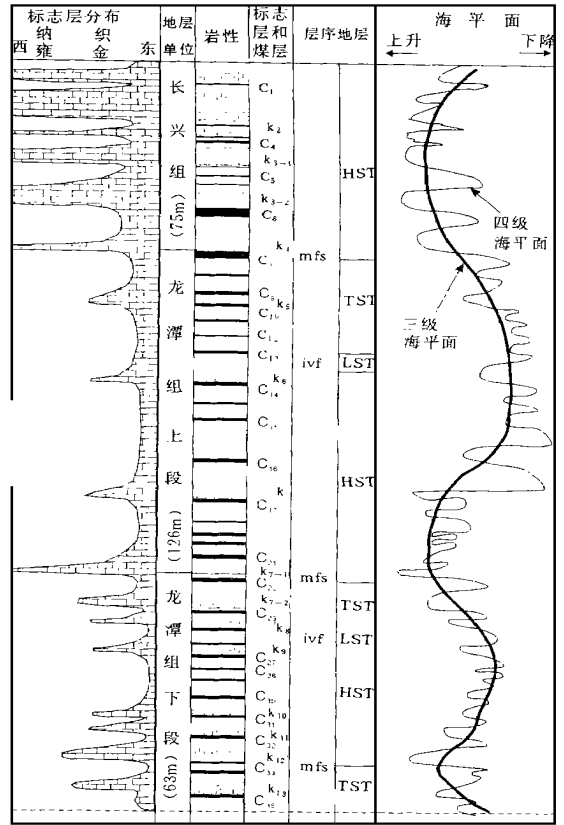


图 4 黔西织金—纳雍地区晚二叠世层序地层特征

1. 砂岩; 2. 泥岩和粉砂岩; 3. 煤层和炭质泥岩; 4. 石灰岩;
LST. 低位体系域; TST. 海侵体系域; HST. 高位体系域;
mfs-最大海泛面; ivf. 深切谷充填; C1- 35. 煤层编号;
K1- 13. 石灰岩标志层编号

Fig. 4 Sequence stratigraphy of the Late Permian in Zhijin-Nayong area, western Guizhou

5 结语

通过研究,本文提出了上扬子地区晚二叠世含煤岩系的地层划分方案,提出冲积平原河流沉积体系、辫状河三角洲体系、三角洲—潮坪沉积体系、泻湖—潮坪体系以及碳酸盐台地体系等 5 种沉积体系和多种沉积相类型,绘制出龙潭期和长兴期的岩相古地理图,并对海平面变化与聚煤作用关系进行了讨论。煤层发育层位受幕式聚煤作用控制,煤层厚度则与下伏沉积物的沉积环境有关,聚煤有利部位为

位于海陆交互相区的黔西地区。有利聚煤的沉积体系为三角洲—潮坪体系。

参 考 文 献

- 1 陈焕疆. 论板块大地构造与油气盆地分析. 上海: 同济大学出版社, 1980
- 2 刘宝善, 许效松, 潘杏南等. 中国南方古大陆沉积地壳演化与成矿. 北京: 科学出版社, 1983. 1-236
- 3 Smith D G. Anastomosed river deposits: modern examples from Canada. In Collinson J D, Lewin J, eds. Modern and Ancient Fluvial System. LAS Spec. Publ. 6, 1983. 155-168
- 4 陈代钊, 张鹏飞. 三角洲平原上网络河的发育与聚煤作用. 沉积学报, 1996, 14(3): 103-112
- 5 张鹏飞, 邵龙义. 黔桂地区晚二叠世碳酸盐型煤系沉积环境和成煤模式. 见: 王竹泉诞辰一百周年纪念文集. 北京: 煤炭工业出版社, 1992. 130-135
- 6 王鸿祯. 中国古地理图集. 北京: 地图出版社, 1985. 143
- 7 邵龙义, 张鹏飞, 陈代钊等. 滇东黔西晚二叠世早期辫状河三角洲沉积体系及其聚煤特征. 沉积学报, 1994, 12(4): 132-139
- 8 邵龙义, 张鹏飞, 田宝霖等. 黔西织纳地区晚二叠世含煤岩系层序地层及海平面变化. 地质探索, 1993, 8: 1-10

Sedimentary Evolution and its Controls on Coal Accumulation for the Late Permian in the Upper Yangtze Area

Shao Longyi¹ Liu Hongmei² Tian Baolin¹ Zhang Pengfei¹

1(China University of Mining and Technology, Beijing 100083) 2(Beijing Coal Industry School, Beijing 100042)

Abstract

The study areas include Guizhou, southern Sichuan, and eastern Yunnan, where abundant coal resources are preserved in Late Permian strata. The Late Permian key fauna and flora and their combinations are studied and a scheme of stratigraphic multi-subdivision for Late Permian succession are established. Typical Changxingian ammonoids such as *Sinocelites sichuanensis* and *Pseudotirolites qianjiangensis* have been found in C₂ coal seam of the Huoshaopu coal mine, Panxian County, western Guizhou, and a Changxingian Brachiopod fauna have been found in B₄ marker limestone of the Yanbeihou section, Zhijin County, western Guizhou. This makes it possible to subcorrelate the Late Permian in vast areas of southern China. For lithostratigraphic purposes, the upper Permian is subdivided into the Longtan Formation (Wuchiaping Formation, Middle and lower Members of Xuanwei Formation) and the Changxing Formation (Wangjiazai Formation, Dalong Formation, and upper Member of Xuanwei Formation). The Longtan Formation is subdivided into the lower Member and the upper Member.

Synthetic studies suggest that the Late Permian coal-bearing sequences in study areas were mainly formed in five depositional systems, including braided river and braid delta system, alluvial plain fluvial system, delta-tidal flat system, Lagoon-tidal flat system, and carbonate Platform System. The delta-tidal flat system is believed to be the most important system for the coal accumulation in western Guizhou. This system can be further divided into the fluvial-dominated upper delta plain, fluvial and tide influenced transitional delta plain, and tide-dominated lower delta plain and tidal plain environments.

The overall paleogeographical units of the Late Permian in the study areas include non-marine alluvial plain dominated by fluvial channel, alluvial fan in eastern Yunnan, transitional paralic plain dominated by delta-tidal flat system and lagoon-tidal flat system in western Guizhou and southern Sichuan, marine carbonate platform in eastern and southern Guizhou, eastern part of southern Sichuan, and southern part of eastern Yunnan, and deep water fault basin in the vicinity of Ziyun of southern Guizhou. Lithofacies paleogeographical maps of Early Longtanian stage, late Longtanian stage and Changxingian stage have been drawn based on analysis of various contour maps such as clastic and carbonate rocks ratio, thickness of sandstones, percentage of sandstones, thickness of coal seams, and thickness of strata.

(Continued on page 108)