

李聪聪, 孙顺新, 张光超, 等. 滇东北上二叠统可采煤层变化规律及控制因素[J]. 中国地质, 2014, 41(6): 2110-2121.

Li Congcong, Sun Shunxin, Zhang Guangchao, et al. Variation regularity and control factors of the Upper Permian mineable coal seams in northeastern Yunnan Province[J]. Geology in China, 2014, 41(6): 2110-2121(in Chinese with English abstract).

滇东北上二叠统可采煤层变化规律及控制因素

李聪聪^{1,2} 孙顺新¹ 张光超¹ 范琪¹

(1. 中国煤炭地质总局航测遥感局, 陕西 西安 710054; 2. 中国矿业大学, 江苏 徐州 221008)

摘要:滇东北地区煤炭资源丰富,是中国西南地区重要的煤炭资源基地。以以往地质研究成果为基础,综合分析野外地质调查、山地工程、钻探等资料,对研究区内主要含煤岩系上二叠统可采煤层在空间上的变化规律进行了研究,研究发现区内可采煤层空间上自东向西,时间上自宣威早期至宣威晚期,可采煤层层位自下向上迁移,可采区域随煤层层位的抬高由东向西迁移。并分析了造成上述变化规律的原因。研究表明西高东低的古地理条件、渐趋稳定的构造条件和周期性的海平面升降共同控制了可采煤层分布与迁移规律。并指出了不同地段的可采煤层层位及可采区段,对区内煤炭资源的开发具有现实指导意义。

关键词:变化规律;可采煤层;上二叠统;滇东北

中图分类号:P618.11 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2014)06-2110-12

1 引言

滇东北是中国西南地区煤炭资源最丰富的地区之一,该区煤炭资源重要的经济价值和战略意义,吸引了众多专家、学者关注,在成煤环境分析^[1-4]、聚煤规律^[5,6]、控煤构造研究^[7,8]等方面取得了阶段性的成果。大量研究表明该区主要成煤期为晚二叠世,区内目前普遍开采的为C₅煤层,C₅煤层上下均存在局部可采的煤层^[9,10]。但对局部可采煤层的变化规律和其与C₅煤层的对比分析缺乏研究,因此有必要对区内可采煤层的发育特征、厚度变化及其变化原因进行探讨,以便为下一步煤炭资源开发提供地质依据。

根据研究区的煤种、产状及地区煤炭资源供需情况及地理条件等因素,本次最低可采厚度采用0.70 m,煤层厚度达到0.70 m及以上视为可采。根

据煤层的稳定程度又分为全区可采煤层、大部可采煤层和局部可采煤层,本区只涉及后两者。

2 地质背景

研究区包括滇东北的镇雄县马河、彝良县洛旺、小草坝、盐津县庙坝等地区。该区大地构造位置位于扬子板块中部的滇东台褶带之滇东北台褶束上,属特提斯构造域和环太平洋构造域复合部位^[11]。研究区在经历了中二叠世阳新期海侵之后,中、晚二叠世之间地壳上升,海水向东大面积退缩。同时古陆东缘的甘洛—小江古断裂再次活动,发生以小江断裂带为主要通道的大规模岩浆喷溢,形成自西向东变薄的玄武岩斜坡,经短暂剥蚀之后,小江断裂持续张裂活动,其东盘地壳缓慢沉降,在玄武岩剥蚀面基底上逐渐形成广泛的晚二叠世

收稿日期:2013-11-29;改回日期:2014-03-26

基金项目:中国地质调查局南方缺煤省份煤炭资源调查计划项目(1212011220764)和国土资源部中央地质勘查基金项目(2007531006)联合资助。

作者简介:李聪聪,男,1984年生,硕士,工程师,从事遥感地质、煤田地质工作;E-mail:cumtdaxue@163.com。

聚煤盆地;自康滇古陆剥蚀区以东依次形成山麓冲积扇带、河流冲积平原带、三角洲平原及海滨平原带。研究区正处于冲积平原与滨海平原下三角洲的交替带边缘(图1)。研究区所处特殊的构造位置及成煤环境,决定了其成煤期较多,但以晚二叠世成煤期为主的特点。主要含煤地层为上二叠统宣威组(长兴—龙潭组)。

3 含煤地层及煤层

3.1 含煤地层

上二叠统含煤岩系是一套由泥岩、粉砂岩、细砂岩、砾岩、煤层和碳酸盐岩组成的地层,隶属扬子地层区上扬子地层分区的昭通地层小区。以E104°45'处镇雄—雨河—芒部一线为界线,以西的地区是宣威组,为陆相;该线以东的地区为龙潭组和长兴组,为海陆交互相^[12]。底部与峨眉山玄武岩呈假整合接触,顶部与三叠系卡以头组呈整合接触。结合煤岩层对比结果,以区域上分布较广的C₅煤层底

板为界,将宣威组划分为上下2段,分别对应长兴组和龙潭组上、下段(表1)。

宣威组总体为一套细粒碎屑岩夹煤层(线)沉积。根据岩性组合特征、含煤情况及邻区宣威组段的划分,以C₅煤层顶部为界,分为上、下2个段,上段岩性以泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩为主,夹少量细粉砂岩和煤层。旋回结构不清,但就总体而言,自下而上,碎屑粒度由粗变细,煤层位于每个低级别旋回的顶部。下段岩性以细粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩及泥岩为主,夹数层凝灰岩及煤层(煤线),称之为非含煤段,全组一般含煤为2~6层。

龙潭组层位与宣威组下段相当,为一套陆相、海陆交互相的砂泥岩、炭质泥岩夹薄层灰岩泥灰岩的含煤建造。含丰富的植物化石及少量的海相动物化石。底部一般为厚3~5 m的铝土质泥岩。一般含煤为2~6层,主要集中于该组上部,其中该组顶部C₅为全区主要可采煤层。

长兴组与宣威组上段层位相当,依据岩相、岩

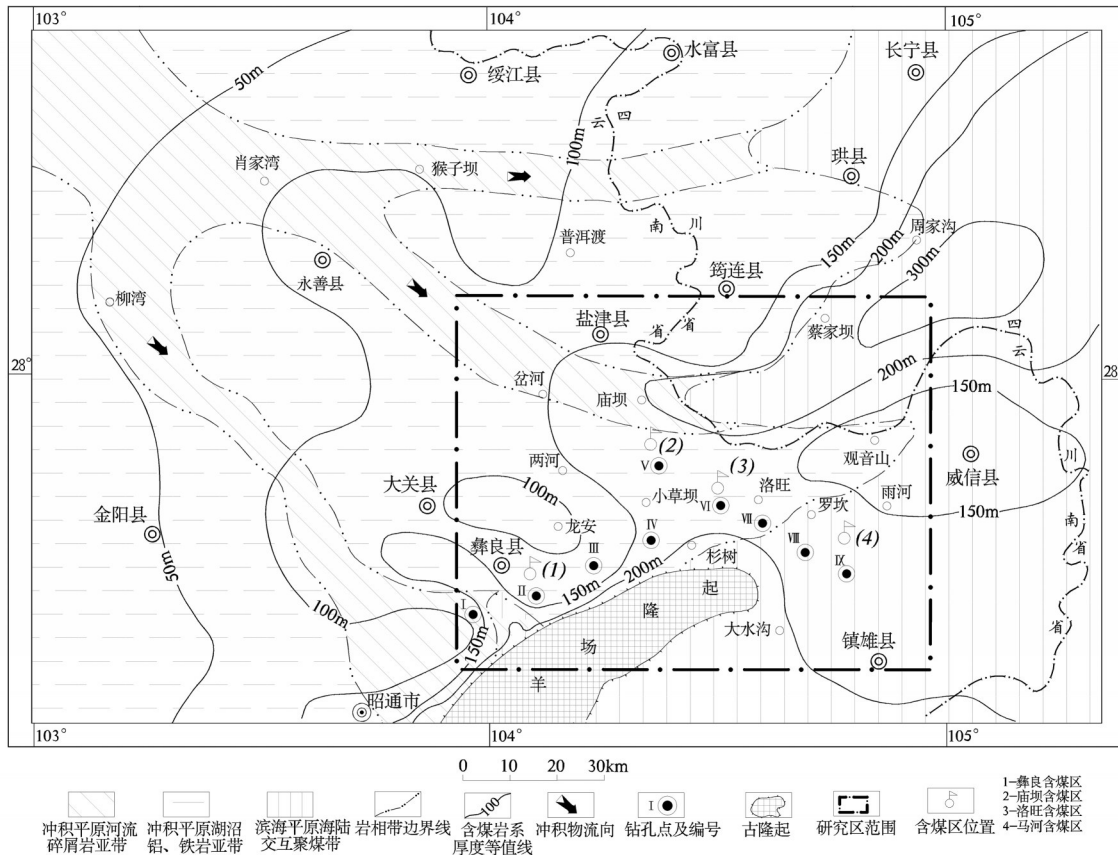


图1 滇东北晚二叠世成煤期沉积环境分区图
Fig.1 Depositional environment division of the Late Permian coal-forming period

表1 滇东北上二叠统含煤岩系地层划分对比

Table 1 Subdivision and correlation of coal-bearing strata in northeastern Yunnan

时代	E 104°45' 以西地区 (洛旺、庙坝、小草坝、两河等地)	E 104°45' 以东地区 (马河、雨河、罗坎等地)
早三叠世	飞仙关组 (T _{1f})	飞仙关组 (T _{1f})
	卡以头组 (T _{1k})	卡以头组 (T _{1k})
晚二叠世	宣威组 (P _{3x})	长兴组 (P _{3c})
		龙潭组 (P _{3l})
	上段 (P _{3x} ²)	上段 (P _{3l} ²)
	下段 (P _{3x} ¹)	下段 (P _{3l} ¹)
	峨眉山玄武岩组 (P _{3e})	峨眉山玄武岩组 (P _{3e})
中二叠世	茅口组 (P _{2m})	茅口组 (P _{2m})
	栖霞组 (P _{2q})	栖霞组 (P _{2q})

性及古生物特征,以C₅煤层顶界为界来划分龙潭组与长兴组。长兴组为碳酸盐岩夹碎屑岩沉积建造,岩性由灰岩、泥灰岩夹粉砂岩和泥岩,局部含煤层(线)。一般含煤4层,局部可采2层。由东向西碳酸盐岩比率逐步减少。富含植物碎片化石、腕足类与瓣鳃类动物碎屑化石及大量黄铁矿晶粒,与下伏龙潭组呈整合接触。

研究区含煤地层由NW向SE主要分布于各褶皱的两翼,平均厚度90~178 m。主要包括4个大的含煤褶皱,由西向东分别为:彝良向斜、庙坝向斜、洛旺向斜和马河向斜。依次编号为:(1)彝良含煤区、(2)庙坝含煤区、(3)洛旺含煤区、(4)马河含煤区。其中(1)~(3)号含煤区含煤岩系为宣威组,(4)号含煤区含煤地层为长兴—龙潭组。受沉积古基底及沉积环境的影响,上二叠统含煤岩系沉积厚度自西向东逐渐增厚(图1)。

3.2 可采煤层

3.2.1 可采煤层特征

区内上二叠统含煤岩系总共含煤7~12层,其中标志层明显且相对稳定可对比煤层6层,由上至下编号为:C₁、C₂、C₃、C₄、C₅、C₆(图2)。除东部龙潭组下段见有编号为C₆的局部可采煤层赋存外,其余各可采煤层均分布于宣威组(长兴—龙潭组)的上段。各煤层特征如下:

C₁煤层:位于宣威组和长兴组顶部,上距卡以头组底界0~6 m;下距C₂煤层平均6.06 m,厚度0.2~1.2 m,平均厚0.4 m,仅局部可采。煤层结构简单,一般不含夹矸,局部含高岭石泥岩夹矸1层,在西部陆相沉积区该煤层顶、底板一般为灰黄色中厚层状粉砂岩,而在东部海陆交互相沉积区该煤层顶板为

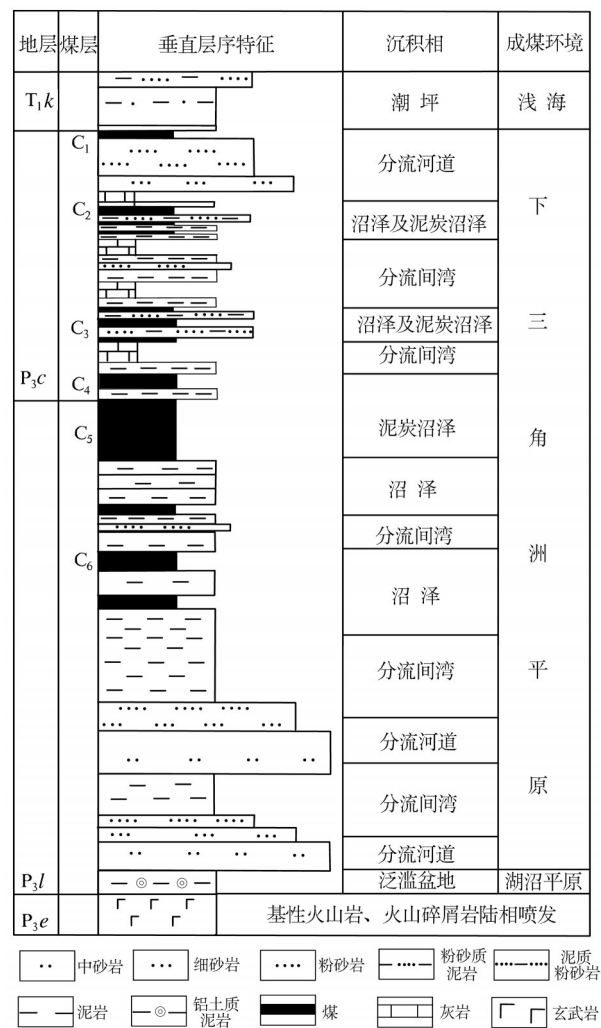


图2 研究区东部长兴—龙潭组沉积模式及煤层层位
Fig.2 Sedimentary model of Changxing-Longtan Formation and coal-seam position in the east of the study area

灰白色中厚层状的泥质灰岩,底板一般为泥岩。

C₂煤层:位于宣威组上段或长兴组的上部,下

距C₃煤层平均约7 m;探槽揭露的煤厚0~2.2 m,平均厚0.52 m,属不稳定煤层,偶见零星可采点。煤层顶板一般为灰黄色厚层状粉砂岩,底板多为砂质泥岩;属半暗—半亮型煤,结构简单,局部含粉砂质泥岩夹矸1层,该煤层全区普遍不可采。

C₃煤层:位于宣威组上段或长兴组的中上部,上距卡以头组底界平均约17 m,距C₂煤层平均约7.5 m,下距C₅煤层平均约35 m;洛旺、庙坝含煤区内揭露C₃煤层厚0.4~1.5 m,平均厚0.9 m;顶板为灰色中厚层状菱铁质粉砂岩、细砂岩。底板均为中厚层状细砂岩,属暗淡型—半暗型煤,呈块状,煤层结构简单,一般无夹矸。

C₄煤层:位于宣威组上段或长兴组的下部,上距C₃煤层平均距离约13 m,下距C₅煤层平均约8 m;厚度0~2.27 m,平均厚0.48 m,局部可采。顶、底板为灰黄—浅灰色薄层状泥岩、粉砂岩,泥岩遇水易膨胀,有底鼓现象;煤层结构简单,一般含夹矸0~2层。属半亮—半暗型。

C₅煤层:在西部位于宣威组上段的底部,在东部位于龙潭组上段的顶部。上距卡以头组底界32~50 m,下距C₆煤层平均约9 m,距玄武岩顶界一般均大于70 m;厚度0.05~4.86 m,平均厚1.37 m,为全区大部可采煤层。该煤层层位和厚度较为稳定,煤层结构整体较为简单,局部含0.05~0.40 m厚的砂质泥岩或炭质泥岩夹矸1~2层;研究区东部该煤层顶板为灰岩,向西过渡为泥岩或粉砂质泥岩。底板一般为灰白色泥岩,小窑开采易发生底鼓现象;该煤层煤岩特征二分性明显,上部为黑色块煤,以暗淡型煤为主,夹亮煤条带,比重、硬度大,灰分、硫分含量偏高;下部为黑色粉状煤,以半亮—光亮型煤为主,质软疏松易碎,灰分、硫分含量较低。顶部常赋存黄铁矿层。

C₆煤层:居于龙潭组下段中部,上距C₅煤层2.00~16.8 m,平均距离6.18 m。主要发育于研究区东部的马河含煤区,该煤层厚0~2.35 m,平均厚度0.49 m,可采厚度一般为0.70~1.70 m,平均可采厚度为1.11 m。含平均厚度为0.06 m的泥岩夹矸1层,结构简单。顶、底板均为灰色薄层状泥岩。含大量鲕粒状黄铁矿。该煤层属半亮型煤。

上述各煤层,除C₂煤层不可采外,其他煤层均存在一定的可采范围,其中C₅煤层为大部可采煤

层,C₁、C₃、C₄、C₆煤层为局部可采煤层(表2)。

3.2.2 可采煤层变化规律

研究可采煤层的变化规律,主要是建立在对区内各有效煤点的煤厚资料分析的基础上。有效煤点是指能反映该点位实际煤层厚度的煤点,而非受挤压、风化等因素使煤厚失真的煤点。所以本次研究主要选取钻探、硃探等工程揭露的煤点,对浅部槽探揭露的风氧化煤点未予采用。本次运用常用的地质分析法研究煤层厚度的变化规律,即根据足够数量准确的煤厚资料,分析煤层厚度变化的幅度和规律,绘制出可采煤层厚度等值线图。以下分别为C₁、C₃、C₄、C₅、C₆的煤层厚度等值线图(图3),对比该图可以发现各煤层厚度变化规律明显。

(1)C₁煤层:分布范围最广,但可采范围较小。煤层厚度变化规律不明显,可采范围较下伏其他煤层偏西,西部及东北部各有一个可采区,即洛旺含煤区塘房至观音山一带以及彝良含煤区西部铜厂沟—宋家坪一带,该煤层基本可采。

(2)C₃煤层:分布范围较C₁煤层较小,可采范围较C₁煤层偏东,较C₄煤层整体偏西,区内共有两个区部可采区,集中在研究区中部庙坝向斜南翼麻柳溪—芭蕉窝和洛旺向斜北翼塘房—构坝一带。与下伏C₄煤层的可采区存在重叠。

(3)C₄煤层:总体表现为西薄东厚,但是出现4个不连续小范围的可采富煤中心,富煤中心的位置与下伏C₅煤层的富煤中心基本吻合。

(4)C₅煤层:为区内的大部分可采稳定煤层,平均可采煤层厚度及可采范围均最大,中寨—柿子坝一线以东基本可采,可采区内偶见小范围的局部不可采区,煤层厚度表现为自东向西由薄变厚的趋势。可采区中出现2个煤层厚度较大的富煤中心,真厚可达4 m以上。

(5)C₆煤层:分布范围最小,可采范围也最小,可采段主要分布于东部的马河含煤区麻荡煤矿—荣兴煤矿、陆家沟煤矿—开生煤矿一带。其余3个含煤区内不发育,基本未见可采点。

比较上述各可采煤层的厚度等值线图可以发现:西部含煤层数少,可采煤层总厚度小。东部含煤层数多,可采煤层总厚度大。可采煤层总体表现出自东向西有向上迁移的趋势,同时比较各可采煤层的富煤中心,发现煤层赋存层位越低,富煤中心

表 2 煤层变化特征统计
Table 2 Statistics of coal-seam variation characteristics

煤层 编号	有效控制点			煤层厚度/m		夹矸	煤层 结构	煤层间距/m		主要可采区	可采程度 及稳定性
	总点数	可采点	不可采点	极值	平均值			极值	平均值		
C ₁	23	12	11	0.20~1.20	0.40	0	简单			洛旺含煤区 彝良含煤区	局部可采 不稳定
C ₂	15	4	11	0~2.20	0.52	0~1	简单	0.24~14.34	6.06		不可采 不稳定
C ₃	31	15	16	0~1.50	0.57	0	简单	4.69~39.92	7.50	庙坝含煤区	局部可采 不稳定
C ₄	41	17	24	0~2.27	0.48	0~1	简单	2.69~26.09	13.00	马河含煤区 庙坝含煤区 两河含煤区	局部可采 不稳定
C ₅	117	96	21	0.05~4.86	1.37	1~2	简单-复杂	0.50~15.41	8.00	全区大部 可采	大部可采 较稳定
C ₆	37	21	16	0~2.35	0.49	0~1	简单	2.00~16.80	6.18	马河含煤区	局部可采 不稳定

越是偏向南东方向。表现为煤层层位及沉积范围,从上而下、由南东向北西推移,层位逐渐抬高,呈叠瓦式展布(图4),即煤系下部煤层,最早在东部堆积,向西逐渐尖灭。

4 控煤因素分析

上扬子地区晚二叠世克拉通盆地沉积充填过程的控制因素随盆地演化时期转变而发生变化,早期受古陆、古地形和海平面变化的控制,中期受局部构造特征、同沉积断裂和海平面变化的控制,晚期受海平面变化、古地理环境和古地貌等控制^[12]。煤层是盆地沉积充填过程中堆积速率与沉降速率达到平衡状态时的特定的地质环境下形成的。研究分析发现控制区内可采煤层形成和迁移规律的因素除温暖潮湿的气候,大量的成煤植物外,主要有古地理、古构造、海平面升降等^[13]。

4.1 古地理条件

中二叠世晚期的东吴运动使上扬子地区大部分抬升成为陆地,出露于地表的茅口组灰岩经长期风化夷平。随后峨眉山玄武岩喷发,玄武岩对下伏灰岩侵蚀面起到填平补齐的作用,自身又经过短暂

的风化剥蚀,形成向东缓倾的斜坡,构成了晚二叠世含煤地层的沉积基底。之后小江断裂张性活动,使其东侧持续缓慢沉降而发生海侵。海侵从残留海开始超覆在灰岩及玄武岩剥蚀面上,形成了广阔的西南晚二叠世聚煤盆地。研究区位于聚煤盆地西部边缘地带,地势西高东低。

作为煤系沉积基底的峨眉山玄武岩表现为西高东低的缓斜坡带,该斜坡带主要控制了含煤地层的沉积环境的空间配置。使其呈现出由西向东明显的分带性,即由西向东,由山前冲积扇平原—曲流河冲积平原—三角洲(含陆源碎屑潮坪)—局限碳酸盐台地,构成由陆向海、由浅至深、由高到低的沉积体系。根据对研究区9个钻孔岩性柱及煤层情况的对比分析,发现针对本区晚二叠世聚煤期而言,三角洲平原地带是聚煤最有利的场所,冲积平原次之。故造成区内上二叠统含煤情况西差东好的格局(图5)。

同时作为含煤地层的沉积基底的峨眉山玄武岩地形起伏,凹凸不平(图4~5),造成煤层局部赋存形态在沉积断面上呈透镜状态。以广泛分布的C₅煤层为例,在可采区内,除表现出厚度较大的聚煤

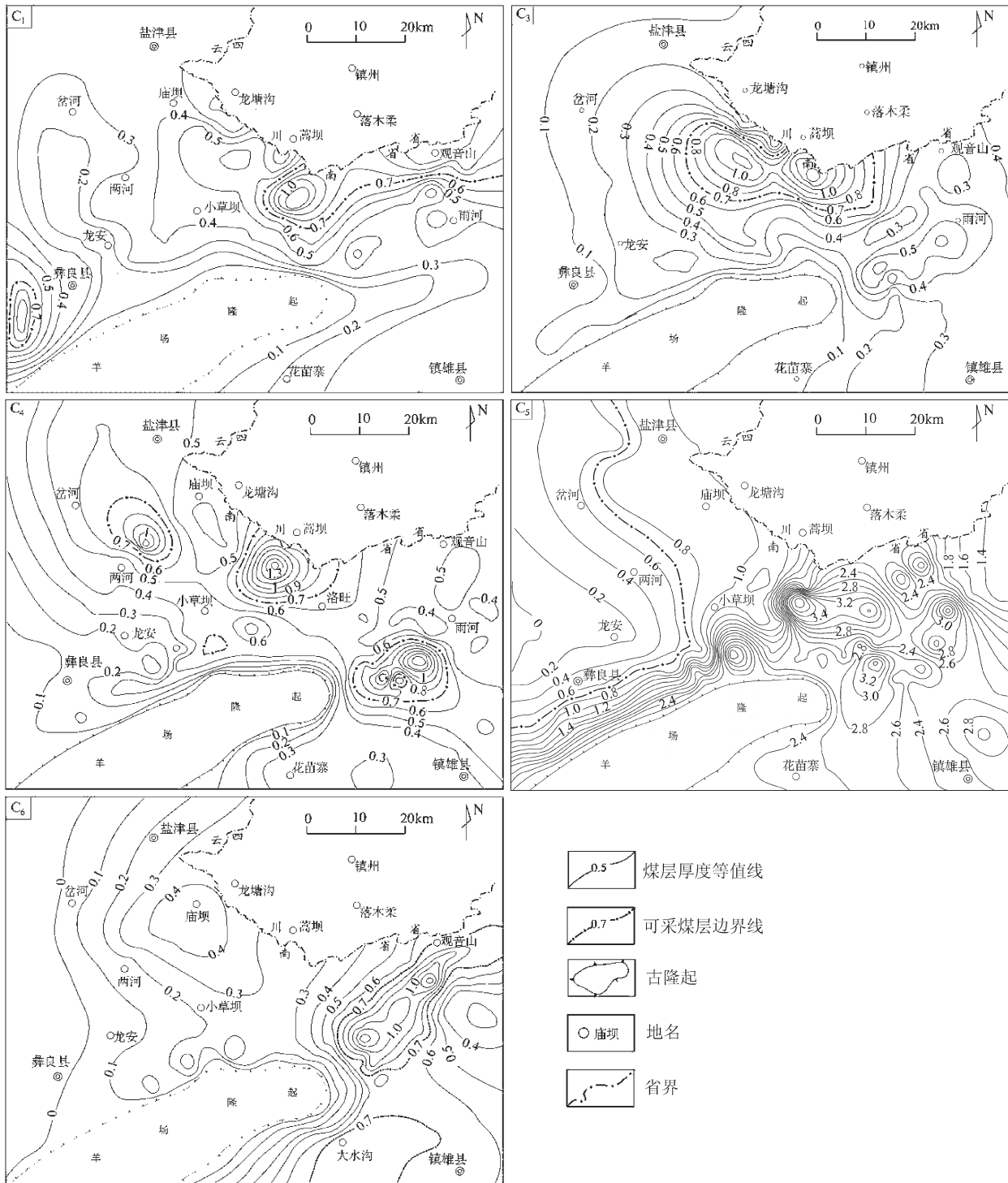


图3 可采煤层厚度等值线图

Fig.3 Contour maps of thicknesses of mineable coal seams

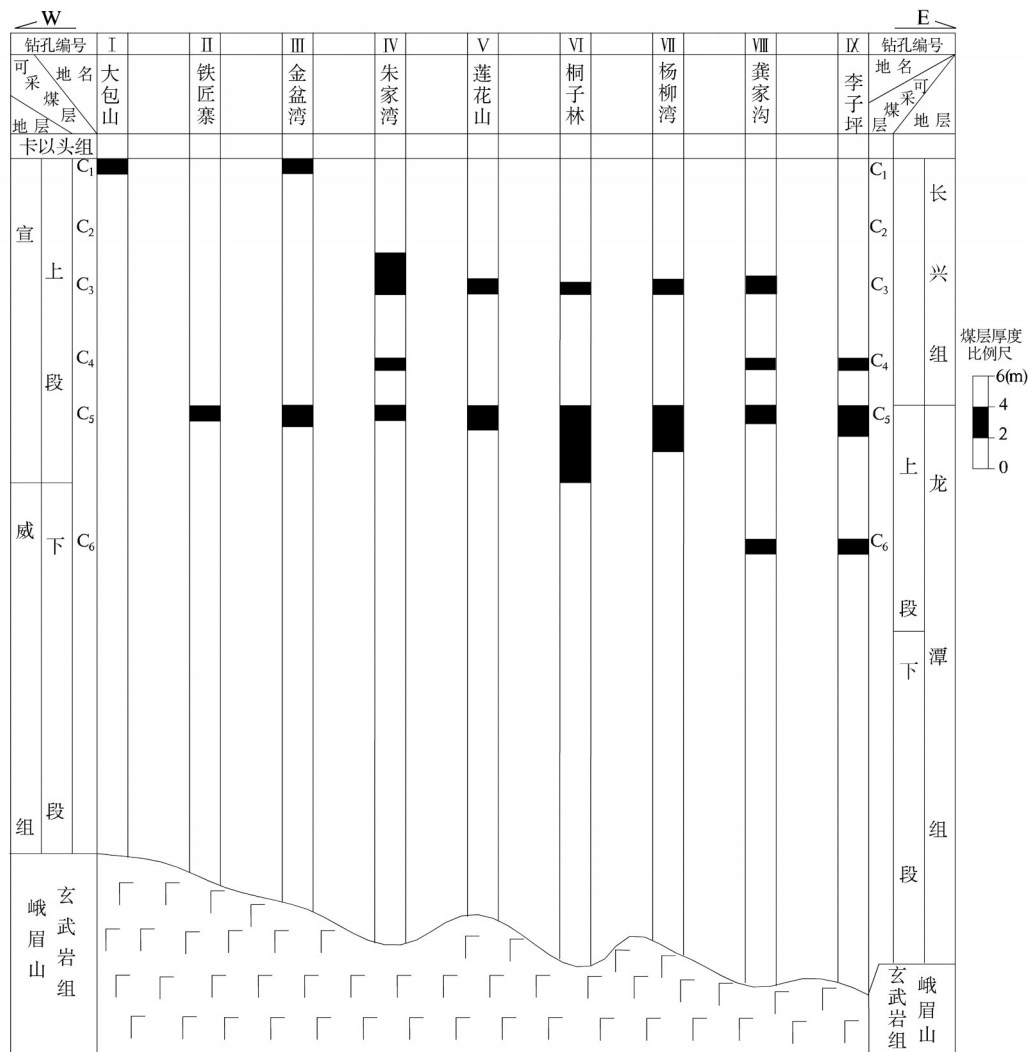


图4 可采煤层层位及厚度变化示意图

Fig.4 Sketch map showing the position and thickness variations of the mineable coal seams

带外,局部仍见有不可采的煤点,形成小范围的不可采区,且对比不可采点与相邻可采点的含煤地层厚度,不可采点的含煤地层厚度明显偏小。其他可采煤层也呈现出此类规律。表明该区含煤地层及煤层与沉积基底的起伏形态有继承关系。表现为基底低洼处含煤地层厚度大,煤层厚度亦大;在隆起处,含煤地层厚度小,煤层厚度亦小。

4.2 古构造环境

4.2.1 同沉积构造

滇东北晚二叠世聚煤期同沉积构造以平行碧土—昌宁—勐连板块俯冲带的南北向巨型隆起、拗陷和断裂为主导。南北向构造控制了晚二叠世海陆基本轮廓与沉积建造的形成及岩相带展布。与

此同时,北西向与北东向共轭剪切断裂的产生,导致平行断裂的次级裂陷槽及水下隆起的产生,不同程度地控制了古海岸及岩相带的延伸方向(图6)。

南北向的小江和昭通—曲靖断裂在该聚煤期均以引张断裂的形式活动,西盘上升,东盘下降。前者构成聚煤盆地的西界,以西为康滇古陆剥蚀区,构成盆地西缘主要的陆源碎屑供应区,以东为盆地西缘山前冲积扇平原区,发育冲积扇沉积;后者不仅控制了海岸线和岩相的展布方向,而且对聚煤作用具明显的控制。聚煤作用主要发生在该断裂的东侧,西侧基本无聚煤作用发生;由北向南依次存在的盐津隆起、洛旺拗陷、羊场隆起、彝良拗陷、威宁隆起及昭通拗陷对岩相的展布和含煤地层

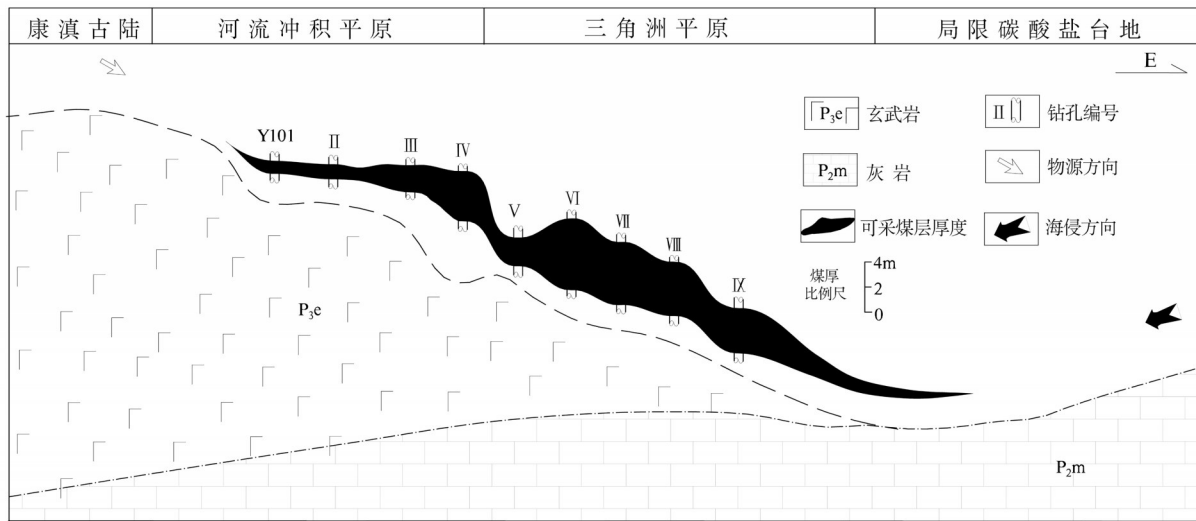


图5 研究区含煤地层沉积环境空间配置及可采煤层厚度变化示意图

Fig.5 Sketch map showing the spatial distribution of sedimentary environment of coal-bearing strata and the thickness variation of mineable coal seams

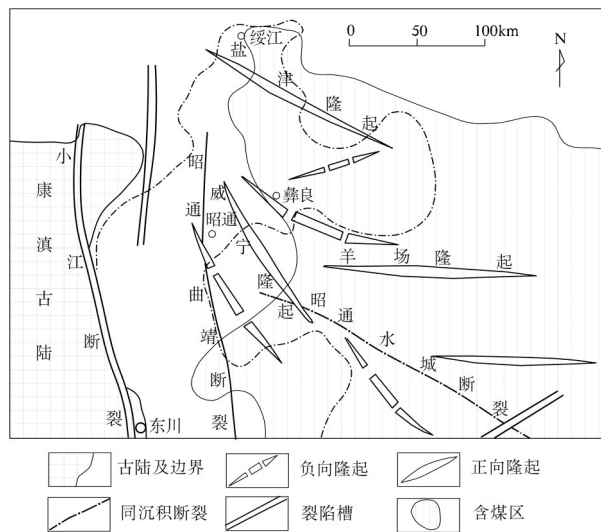


图6 晚二叠世聚煤期同沉积构造示意图

Fig.6 Schematic map showing contemporaneous structures in the late Permian coal-forming period

的沉积厚度及含煤性亦有明显的控制。以上隆起多表现为水下隆起,隆起的缓慢上升,造成隆起区含煤地层沉积厚度和煤层厚度变薄,甚至不含煤。坳陷区则成为赋存工业价值煤层的有利聚集区。

4.2.2 火山活动

研究区含煤地层底部广泛分布着一到数层厚薄不一的凝灰质泥岩,各可采煤层中普遍存在具有

等时性的 Tonsteins 高岭石泥岩夹研,在滇东地区,二叠—三叠系界线附近均存在界线粘土岩^[14]。凝灰质泥岩、Tonsteins 及界线粘土岩都是晚二叠世早期强烈的峨眉山岩浆作用高峰期之后微弱的火山活动的产物^[15-17]。从大量喷发的峨眉山玄武岩到厚度数米局部分布的凝灰质泥岩到煤层中厚度数毫米广泛分布的 Tonsteins 夹研再到粘土岩。说明火山活动贯穿了整个晚二叠世成煤期,且随着时间推移活动强度呈逐渐减弱的趋势。因火山喷发区位于研究区西部,故区内凝灰质泥岩层数及总厚度有自西向东层数减少和厚度变薄的规律,对比钻孔资料发现区内可采煤层层数及总厚度与凝灰质泥岩层数、厚度存在明显的负相关(图7)。这一现象表明火山活动对成煤构造环境稳定性的影响自西向东逐渐减弱。

最新研究表明,峨眉山大火成岩省大规模火山喷发与中晚二叠世之交的生物大灭绝有因果联系。大规模的火山活动可以释放大量的二氧化碳,导致包括成煤植物在内的生物的生长环境发生恶化^[18]。从宣威早期到宣威晚期火山活动强度的逐渐减弱并趋于稳定,为成煤植物的生长提供了良好的环境,导致宣威晚期形成的煤层优于早期。

聚煤作用主要发生在相对宁静的构造环境内,特别是在地壳沉降速度与成煤物质堆积速度接近

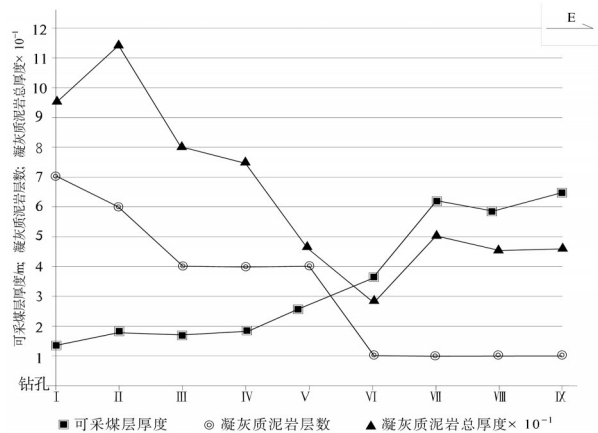


图7 研究区煤层厚度及凝灰质泥岩厚度变化图
Fig.7 Variations of coal seam thickness and tuffaceous mudstone thickness variation of the study area

的时候,故稳定区的聚煤条件最好。晚二叠世含煤岩系沉积初期,火山活动频繁且强度大,基底稳定性差,造成聚煤条件差,仅在受构造活动影响较小的东部形成局部分布的可采煤层(C_6 煤层),而在火山活动强烈的西部仅形成煤线或不含煤。成煤晚期,即宣威晚期(龙潭晚期及长兴期),火山活动逐渐减弱,成煤环境稳定,聚煤条件好,形成了区内大部可采的 C_5 煤层及其他局部可采煤层(C_4 、 C_3 及 C_1 煤层)。

4.3 海平面变化

晚二叠世整个扬子地台区为内陆表海型克拉通盆地。内陆表海盆地的发展演化与沉积作用与海平面变化密切相关,对聚煤作用有重要的控制意义^[19-22]。研究区位于盆地西缘滨岸地带。故区内富煤带的形成、分布和迁移与海水进退的关系密切。

大量研究表明,滨海煤田海侵体系域煤层厚度最大,高位体系域次之,而低位体系域成煤条件最差^[23-25]。区内大部可采和局部可采煤层均位于分流河道泛滥盆地沉积旋回的最顶部,且单个旋回沉积发育愈充分、愈完整、厚度愈大,则煤层愈厚愈稳定。而每个成煤旋回的发育程度取决于海平面升降的周期^[26]。海平面上升速度的快慢可在离物源区不同的位置为泥炭堆积创造可容空间^[27]。

研究区晚二叠世成煤期从峨眉山期陆相玄武岩喷发到早三叠世卡以头期整体表现为一海侵过程,其间经过多次小规模的水进水退。煤层分布范

围与海侵规模有关, C_5 时期海侵在马河含煤区VIII、IX钻孔长兴组中形成数层厚约0.20 m的深灰色薄层状灰岩。 C_1 时期海侵结束了晚二叠世陆相沉积。总之 C_5 、 C_1 时期海侵规模较大,煤层分布范围广,且 C_5 时期海平面升降周期长,含煤岩系发育充分,形成的煤层厚度大。 C_1 时期海侵周期短,海水推进速度快,形成的煤层厚度薄。其他煤层形成期海侵规模小,煤层分布范围小。海平面升降周期短,成煤旋回发育程度低,形成的煤层厚度亦小。

其次,海平面上升引起的潜水面上升,不仅可以为泥炭堆积提供可容空间,而且可以降低河流梯度,使携带陆源碎屑的河流收缩到成煤沼泽之外^[28]。从而对泥炭沼泽起到保护作用,同时潜水面上升又为晚二叠世成煤期滨岸性成煤的植物的生长提供了条件。研究区内 C_5 煤层可采边界线基本与滨岸带平行一致。晚二叠世海侵方向为由东向西,对成煤有利的滨岸带向西部陆地方向不断迁移,主要煤层层位也随海侵方向逐渐抬高,剖面上呈叠瓦式分布,富煤带随之向西迁移。

综上,研究区西高东低的古地理条件、渐趋稳定的构造条件和周期性的海平面上升共同营造了可容空间的生长速率与泥炭堆积速率的平衡环境,控制了可采煤层分布与迁移规律。

5 结论

(1)研究区共有层位稳定可对比煤层6层,除 C_2 煤层外,其他5层煤均存在大小不一的可采区,其中 C_5 煤层可采厚度大,可采范围广,为全区大部可采煤层; C_1 、 C_3 、 C_4 、 C_6 煤层可采厚度及范围较小,为局部可采煤层。

(2)时间上,除 C_6 煤层外,其余可采煤层均分布于宣威晚期(龙潭晚期及长兴期),空间上,可采煤层层位自下而上,可采范围由东向西迁移。

(3)可采煤层分布及迁移规律是古地理、古构造和海平面升降等因素综合控制的结果。

参考文献(References):

- [1] 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[J]. 沉积学报, 1994, 12(4): 132-138.
Shao Longyi, Zhang Pengfei, Chen Daizhao, et al. Braided delta depositional system and coal accumulation during early Late Permian period in eastern Yunnan and western Guizhou, southwest

- China[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1994, 12(4): 132–138 (in Chinese with English abstract).
- [2] 司胜利. 滇东黔西晚二叠世聚煤区潮坪沉积特征[J]. *煤田地质与勘探*, 2010, 38(1): 18–21.
Si Shengli. The deposition characters of the tidal flats in Late Permian coal-accumulating area in eastern Yunnan and western Guizhou, China[J]. *Coal Geology and Exploration*, 2010, 38(1): 18–21(in Chinese with English abstract).
- [3] 张玉成. 黔西川南滇东晚二叠世等时性地层格架[J]. *川煤地勘*, 1996, (12): 9–12.
Zhang Yucheng. Late Permian isochronous stratigraphic framework in western Guizhou, southern Sichuan and eastern Yunnan[J]. *Sichuan Coal Geological Exploration*, 1996, (12): 9–12 (in Chinese with English abstract).
- [4] 罗忠, 邵龙义, 姚光华, 等. 滇东黔西上二叠统含煤岩系泥岩粘土矿物组成及环境意义[J]. *古地理学报*, 2008, 10(3): 297–302.
Luo Zhong, Shao Longyi, Yao Guanghua, et al. Mudstones in the Upper Permian coal-bearing series in eastern Yunnan and western Guizhou: Clay minerals composition and their environmental significance[J]. *Journal of Palaeogeography*, 2008, 10(3): 297–302 (in Chinese with English abstract).
- [5] 程爱国, 林大扬, 等. 中国聚煤作用系统分析[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2001: 24.
Cheng Aiguo, Lin Dayang, et al. *China Coal Accumulation System Analysis*[M]. Xuzhou: China University of Mining and Technology Press, 2001: 24 (in Chinese with English abstract).
- [6] 中国煤炭地质总局. 黔西川南滇东晚二叠世含煤地层沉积环境与聚煤规律[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1996.
China National Administration of Coal Geology. *Late Permian Sedimentary Environment and Coal Accumulation in Western Guizhou, Southern Sichuan and Eastern Yunnan*[M]. Chongqing: Chongqing University Press, 1996 (in Chinese with English abstract).
- [7] 湛建国, 肖建新. 滇东黔西上二叠统地质构造背景及含煤性[J]. *中国地质科学院宜昌地质矿产研究所所刊*, 1990, 15: 5–23.
Ai Jianguo, Xiao Jianxin. The geological and tectonic background and coal-bearing properties of the upper Permian in eastern Yunnan and western Guizhou[J]. *Bull. Yichang Inst. Geol. Mineral Resources, CAGS*, 1990, 15: 5–23 (in Chinese with English abstract).
- [8] 王巨民, 张永宏, 朱绍兵. 滇东扬子板缘犁式冲断带的发现及其意义[J]. *中国煤炭地质*, 2006, 18(5): 11–13.
Wang Jvmin, Zhang Yonghong, Zhu Shaobing. Finding of plough-shaped thrust belt on the Yangtze plate margin in eastern Yunnan and its significance[J]. *Coal Geology of China*, 2006, 18(5): 11–13 (in Chinese with English abstract).
- [9] 康高峰, 王辉, 王巨民, 等. 滇东北晚二叠世沉积体系与层序地层格架下的聚煤特征[J]. *地质通报*, 2009, 28(1): 91–98.
Kang Gaofeng, Wang Hui, Wang Jvmin, et al. Research on coal-accumulation features in Late Permian sedimentary system and sequence stratigraphic framework, Northeastern Yunnan, China[J]. *Geological Bulletin of China*, 2009, 28(1): 91–98(in Chinese with English abstract).
- [10] 张光超. 彝良向斜煤矿区宣威组沉积环境及聚煤规律[J]. *陕西煤炭*, 2011, (1): 1–3, 10.
Zhang Guangchao. The sedimentary environment and coal accumulation of Xuanwei Formation in Liliang syncline mining area[J]. *Shaanxi Coal*, 2011, (1): 1–3, 10(in Chinese with English abstract).
- [11] 云南省地质矿产局. 云南省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1990.
Yunnan Bureau of Geology and Mineral Resources. *Regional Geology of Yunnan Province*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1990 (in Chinese with English abstract).
- [12] 陈洪德, 张成弓, 黄福喜, 等. 中上扬子克拉通海西-印支期(泥盆纪-中三叠世)沉积层序充填过程与演化模式[J]. *岩石学报*, 2011, 27(8): 2281–2298.
Chen Hongde, Zhang Chenggong, Huang Fuxi, et al. Filling process and evolutionary of sedimentary sequence of Middle-Upper Yangze craton in Hercynian-Indosinian (Devonian-Middle Triassic)[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2011, 27(8): 2281–2298(in Chinese with English abstract).
- [13] 张韬. 中国主要聚煤期沉积环境与聚煤规律[M]. 北京: 地质出版社, 1995.
Zhang Tao. *China's Major Coal Accumulation of Sedimentary Environment and Coal Law*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1995 (in Chinese with English abstract).
- [14] 王尚彦, 殷鸿福. 滇东黔西地区陆相二叠-三叠系界线粘土岩特征[J]. *中国地质*, 2002, 29(2): 155–160.
Wang Shangyan, Yin Hongfu. Characteristics of claystone at the continental Permian-Triassic boundary in the eastern Yunnan-western Guizhou region[J]. *Geology in China*, 2002, 29(2): 155–160(in Chinese with English abstract).
- [15] 李聪聪, 孙顺新, 张光超. 滇东北峨眉山玄武岩对晚二叠世含煤建造的影响[J]. *中国煤炭地质*, 2013, 25(4): 1–6
Li Congcong, Sun Shunxin, Zhang Guangchao. Impact from Emeishan Basal on Late Permian coal-bearing formation, in northeastern Yunnan, China[J]. *Coal Geology of China*, 2013, 25(4): 1–6 (in Chinese with English abstract).
- [16] 周义平, 任友谅. 滇东黔西晚二叠世煤系中火山灰蚀变粘土岩的元素地球化学特征[J]. *沉积学报*, 1994, 12(2): 123–132.
Zhou Yiping, Ren Youliang. Element geochemistry of volcanic ash derived tonsteins in Late Permian coal-bearing formation of eastern Yunnan and western Guizhou, China[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1994, 12(2): 123–132 (in Chinese with English abstract).
- [17] 周义平, 任友谅. 滇东上二叠统宣威组煤层中某些夹研(Tonsteins)的成因及其地质意义[J]. *云南地质*, 1983, 2(1): 38–

53.
Zhou Yiping, Ren Youliang. Upper Permian coal Xuanwei some partings (Tonsteins) causes its geological significance in eastern Yunnan.[J]. *Yunnan Geology*, 1983, 2(1): 38–53 (in Chinese with English abstract).
- [18] Wignall P B. Large igneous provinces and mass extinctions[J]. *Earth Science Reviews*, 2001, 53(1/2): 1–33.
- [19] 韩德馨, 王延斌, 权彪, 等. 中国泥盆纪聚煤作用的演化[J]. *煤田地质与勘探*, 1993, 21(5): 1–6.
Han Dexin, Wang Yanbin, Quan Biao, et al. The evolution of Devonian coal accumulation in China[J]. *Coal Geology and Exploration*, 1993, 21(5): 1–6(in Chinese with English abstract).
- [20] 杨瑞东, 陈文一. 贵州晚二叠世龙潭期富煤区分布及其控制因素[J]. *煤田地质与勘探*, 1990, (4): 2–5.
Yang Ruidong, Chen Wenyi. Late Permian Longtan coal–rich area distribution and its controlling factors in Guizhou[J]. *Coal Geology and Exploration*, 1990, (4): 2–5(in Chinese with English abstract).
- [21] 王立亭, 罗晋辉, 王常徽, 等. 贵州西部晚二叠世近海煤田地质特征及聚煤规律[J]. *贵州地质*, 1993, 10 (4): 291–299.
Wang Liting, Luo Jinhui, Wang Changhui, et al. Late Permian offshore coalfield geological characteristics and coal accumulation rule[J]. *Guizhou Geology*, 1993, 10(4): 291–299 (in Chinese with English abstract).
- [22] 梅冥相, 马永生, 邓军, 等. 滇黔桂盆地及其邻区石炭纪至二叠纪层序地层格架及三级海平面变化的全球对比[J]. *中国地质*, 2005, 32(1): 13–25.
Mei Mingxiang, Ma Yongsheng, Deng Jun, et al. Carboniferous to Permian sequence stratigraphic framework of the Yunnan–Guizhou–Guangxi basin and its adjacent areas and global correlation of third–order sea–level change[J]. *Geology in China*, 2005, 32(1): 13–25(in Chinese with English abstract).
- [23] 解习农, 程守田. 贵州织纳煤田晚二叠世海进海退旋回及煤聚积[J]. *煤田地质与勘探*, 1992, 20 (5): 1–6.
Xie Xinong, Cheng Shoutian. Transgressive–regressive cycles and coal accumulation of upper Permian, Zhina coalfield in Guizhou[J]. *Coal Geology and Exploration*, 1992, 20(5): 1–6(in Chinese with English abstract).
- [24] 邵龙义, 刘红梅, 田宝霖, 等. 上扬子地区晚二叠世沉积演化及聚煤[J]. *沉积学报*, 1998, 16(2): 55–60.
Shao Longyi, Liu Hongmei, Tian Baolin, et al. Sedimentary evolution and its controls on coal accumulation for the Late Permian in the Upper Yangtze area[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1998, 16(2): 55–60(in Chinese with English abstract).
- [25] 郭立君, 洪愿进, 邵龙义, 等. 黔西织纳煤田上二叠统层序地层及聚煤作用[J]. *古地理学报*, 2011, 13(5): 493–499.
Guo Lijun, Hong Yuanjin, Shao Longyi, et al. Sequence stratigraphy and coal accumulation of the upper Permian in Zhijin–Nayong coalfield of western Guizhou Province[J]. *Journal of Palaeogeography*, 2011, 13(5): 493–499 (in Chinese with English abstract).
- [26] 陈世悦. 华北石炭二叠纪海平面变化对聚煤作用的控制[J]. *煤田地质与勘探*, 2000, 28(5): 8–11.
Chen Shiyue. Control of sea–level change to coal accumulation in Carboniferous–Permian, North China[J]. *Coal Geology and Exploration*, 2000, 28(5): 8–11(in Chinese with English abstract).
- [27] 邵龙义, 高彩霞, 张超, 等. 西南地区晚二叠世层序–古地理及聚煤特征[J]. *沉积学报*, 2013, 31(5): 856–866.
Shao Longyi, Gao Caixia, Zhangchao, et al. Sequence–palaeogeography and coal accumulation of late Permian in southwestern China[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2013, 31(5): 856–866 (in Chinese with English abstract).
- [28] 邵龙义, 鲁静, 汪浩, 等. 近海型含煤岩系沉积学及层序地层学研究进展[J]. *古地理学报*, 2008, 10(6): 561–570.
Shao Longyi, Lu Jing, Wang Hao, et al. Advances in sedimentology and sequence stratigraphy of paralic coal measures[J]. *Journal of Palaeogeography*, 2008, 10(6): 561–570 (in Chinese with English abstract).

Variation regularity and control factors of the Upper Permian mineable coal seams in northeastern Yunnan Province

LI Cong-cong^{1,2} SUN Shun-xin¹, ZHANG Guang-chao¹, FAN Qi¹

(1. *Aerophotogrammetry & Remote Sensing Bureau of China National Administration of Coal Geology, Xi'an 710054, Shaanxi, China*; 2. *China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, Jiangsu, China*)

Abstract: Northeastern Yunnan has rich resources and hence serves as a major coal resource base area in southwestern China. Based on previous researches in the study area, the authors made a comprehensive analysis of field geology, mountain projects and drilling data and, on such a basis, investigated the variation regularity of mineable coal seams in major Upper Permian coal-bearing strata. The results show that, spatially from east to west and temporally from early Xuanwei to late Xuanwei, the mineable coal seams are uplifted and tend to 'migrate' from the bottom upward. An analysis of the factors responsible for such variation regularity and the variation of the ancient geography from west to east shows that the gradually stabilized structural conditions and periodic eustatic sea level jointly control the distribution and 'migration' of the mineable coal seams. In addition, the mineable coal-seams and mineable segments in different places are pointed out, which is of practical guiding significance for the exploitation of the coal resources in the study area.

Key words: variation; mineable coal seams; Upper Permian; northeastern Yunnan

About the first author: LI Cong-cong, male, born in 1984, master, engineer, mainly engages in the study of remote sensing geology and coal geology; E-mail: cumtdaxue@163.com.