

文章编号: 1000-0550(2010) 03-0497-12

南华北石炭—二叠系陆表海层序古地理演化¹

马收先^{1,2} 李增学² 吕大炜²

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所 北京 100029 2. 山东科技大学地质科学与工程学院 山东青岛 266510)

摘要 通过对野外露头 and 钻孔的沉积相、古生物以及准层序堆叠方式的对比分析, 将南华北石炭—二叠系陆表海沉积划分为三个三级层序: Sq1~Sq3。以层序和最大海泛面为绘图单元, 分别对各层序进行了古地理重建。研究发现 Sq1 时期海侵范围小, 时间短, 来自东北方向; Sq2 时期海侵范围达到最大, 海侵方向由东北变为东南; Sq3 时期延续了 Sq2 时期的古地理格局, 但沉积中心向南迁移, 盆地物源均主要来自北方。最后对古地理演化的成因进行了探讨, 认为石炭—二叠系陆表海沉积主要受控于该时期全球海平面的变化, Sq1 与 Sq2 之间的海侵转换面为稳定构造环境下的全球突发性海侵、南高北低的盆地基底与北缘稳定的物源共同造成的。

关键词 南华北 石炭—二叠系 陆表海 层序地层 古地理

第一作者简介 马收先 男 1982 年出生 博士研究生 沉积大地构造 E-mail: mx919@mail.gcas.ac.cn

中图分类号 P531 **文献标识码** A

0 概述

南华北位于秦岭—大别造山带以北, 郟庐断裂带以西, 焦作—商丘及丰沛断裂以南, 西含豫西隆起^[1]。经中生代的构造改造, 南华北的石炭—二叠系主要残留于两淮和豫西地区断陷盆地内(见图

1), 其沉积环境有别于华北北部, 素以“南型北相”著称^[2,3], 受到广大学者的重视。前人从聚煤规律^[2~6]、油气地质^[7]、沉积环境^[3,5,8,9]、岩相古地理^[4,10]和层序地层^[4,5,11~13]等方面进行了大量研究, 这无疑为后来的研究工作提供了丰富的基础资料和经验积累。但就目前的研究来看, 前人虽对该区进行

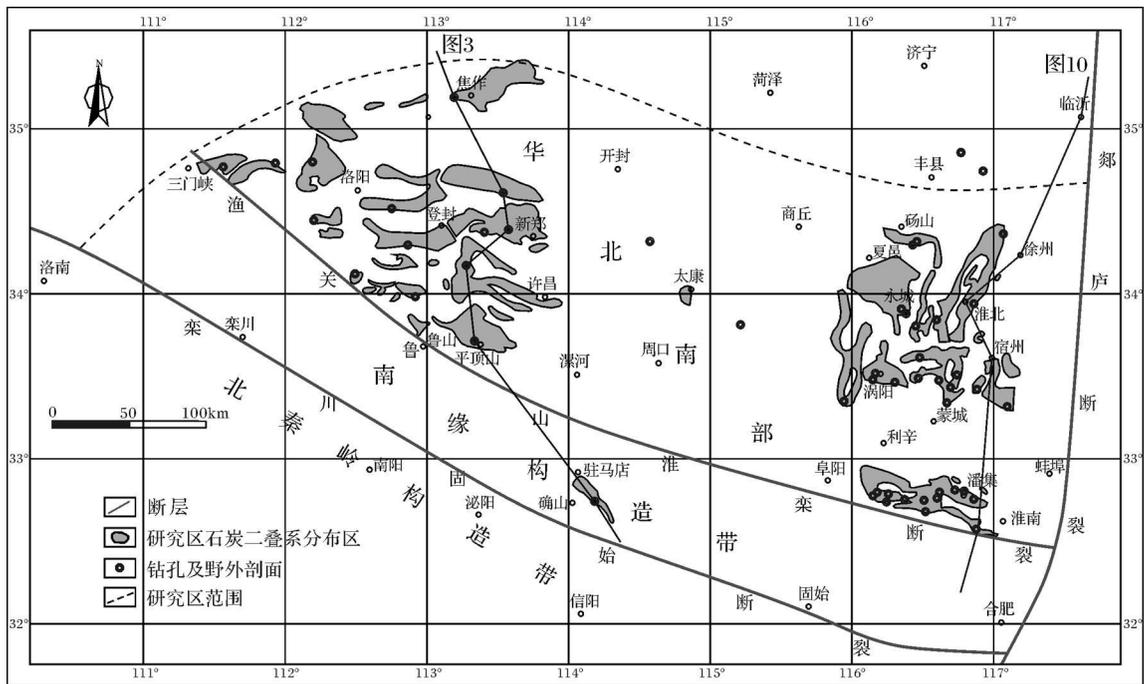


图 1 研究区构造位置和地层分布

Fig 1 Tectonic setting and stratigraphic distribution in the study area

¹ 国家自然科学基金项目(批准号: 40742010)与中石化海相前瞻性课题“中国北方石炭—二叠系及中下三叠统岩相古地理研究与编图”项目资助。
收稿日期: 2009-02-18 收修改稿日期: 2009-08-25

过古地理方面的相关研究,但由于研究者所处的研究阶段、研究目的不同,研究成果以具体区块或盆地的石油地质和聚煤规律为主,区域性古地理的研究必然受到一定程度的限制。

华北石炭—二叠系沉积演化可分为三个发展阶段:陆表海沉积、三角洲沉积和陆相沉积^[4],其中陆表海沉积以障壁—泻湖和台地沉积体系为主,本文对陆表海沉积以层序和最大海泛面为绘图单元进行了古地理恢复。层序具有良好的等时性,能进行很好的区域性对比,在此基础上的古地理重建能更真实反映南华北陆表海不同阶段沉积相带的展布,准确分析沉积物源来源和海侵方向的变化。

1 层序地层划分

1.1 层序界面及凝缩层

华北石炭—二叠系陆表海海侵和海退具有突发性,缺失低水位体系域,由海侵体系域和高水位体系域两元结构组成(在山西组以上过渡沉积环境中,层序发育三元结构)。由于陆表海古坡度极缓,难以形成侵蚀成因的区域性角度不整合,缺失不整合界面^[14-15]。其层序界面主要有以下几类:

1) 区域不整合面

华北石炭—二叠系与奥陶系 寒武系之间的区域不整合在全区发育,可在整个华北进行对比。

2) 古生物缺失带

晚石炭世道遥期相对海平面的下降造成相变,豫东、淮北地区由台地相变为潮坪/泻湖相,造成生物演化不连续,筳 *Fusulina—Fusulinella* 带与 *Pseudoschwagerina* 带之间普遍缺失 *Triticites* 带^[2,6,16]。在淮北同一层位发育了一套灰色细砂岩夹灰黑色炭质泥岩及薄煤层,厚度 5~13.26m,含早期华夏植物群代表重要分子 *Neuropteris ovata*,为高水位体系域沉积,相当于山西的晋祠段。因此,文章将 *Triticites* 带相当层位

的顶界作为层序界面,称为“*Triticites* 带缺失界面”(见表 1)。

3) 沉积相转换面

研究区陆表海沉积存在两种沉积相转换面,一种是“根土岩+煤层+海相石灰岩”旋回^[17],根土岩作为地表暴露的主要标志,代表一段时间的沉积间断,煤层+海相石灰岩是海平面再次上升并达到最高的结果,其煤层含硫量一般很高,豫西、豫东等地 Sq3 底界即为此种类型(见表 1)。另一种是“潮坪相砂泥岩+深色页岩+灰岩”旋回,潮坪相砂泥岩互层之上覆盖深色页岩+灰岩,有时深色页岩发育不明显,代表海平面的突然加深,可作为层位界面,以两淮和徐州 Sq3 底界最为典型。

4) 陆表海低水位砂体底界

在陆表海沉积末期发生大范围海退,由于盆地地势平缓,河流对下伏地层的切割微弱,不是形成深切谷,而是形成侧向迁移的河道砂体,在横向上连接成片,成为席状砂体^[4],称为低水位砂体,可作为层序界面。区内以大占砂岩最为典型。

凝缩层代表海平面上升至最高点所形成的广泛分布的等时低速率沉积物^[18]。孟祥化(1993)认为,构成凝缩层的物质可以是陆源性的,也可以是内源性的,如海绿石、磷块岩、锰结核、硅质沉积物以及碳酸盐岩溶解相沉积物或硬地面沉积物^[9]。陆表海水体较浅,不可能形成深水沉积的凝缩层。南华北本溪组—太原组的开阔台地相灰岩和硅质岩作为海平面上升期的饥饿沉积,其成因与凝缩层类似,具有相同的界面指示意义,可以作为凝缩层对待。

1.2 层序地层格架

华北晚古生代含煤地层的层序地层划分是近年研究的热点之一。不同研究者所采取的层序界面不同、采用的层序划分方法与技术不同,其层序划分的方案也不尽一致^[4,5,12,19]。本文在前人的基础上,对

表 1 研究区层序界面对应表

Table 1 The relative sequence boundaries in different parts of the study area

地区层序	豫西	豫东	淮南	淮北	徐州
Sq4 底界面	大占砂岩	二 2 煤底板砂岩	叶片状砂岩(1煤底板)	条带状砂岩(10煤底板)	8 煤顶板砂岩
Sq3 最大海泛面	L7	L8	L10	L10	Ls4
底界面	— 8 煤底界	— 8 煤底界	L9 底界	L9 底界	Ls5 底界
Sq2 最大海泛面	L2	L2	L2	L2	Ls12
底界面	区域不整合面	<i>Triticites</i> 带缺失界面	区域不整合面	<i>Triticites</i> 带缺失界面	21 煤底界
Sq1 最大海泛面	缺失	L1	缺失	L1	Ls17
底界面		区域不整合面		区域不整合面	区域不整合面

徐州贾旺(本溪—太原组)和河南禹州(山西组)露头剖面进行详细沉积环境分析和准层序的识别, 发现陆表海沉积主要发育台地(或海湾)—潟湖—潮道(或障壁坝)—潮坪—沼泽向上变浅型的准层序。据准层序的堆叠方式、层序界面和凝缩层识别标志, 将陆

表海沉积划分为 3 个三级层序: Sq1~ Sq3 建立了“点”层序分析综合柱子(图 2), 然后将各地区 50 个典型单井柱子与综合柱子对比, 连成南北向剖面“线”(图 3), 并进一步将“线”推广到“面”, 建立了整个研究区的层序地层格架。

年代地层		岩石地层		标志层	剖面	厚度/m	剖面柱状	沉积环境	化石组合	层序划分			海平面变化	
系	统	组	段							体系域	三级层序	二级层序	降	升
二叠系	阳新统	山西组	太原组	大占砂岩 二1煤	河南禹州	200	[剖面柱状]	分流河道 泥炭沼泽 泥坪 障壁坝 泻湖 泥坪 开闭台地	筳 <i>Oketaella sinensis</i> - <i>Triticites henanensis</i> 带 牙形石: <i>Diplognathodus</i> <i>Expansus</i> - <i>Sweetognathus whitei</i> 带	HST	Sq3	TST	陆表海层序	[海平面变化]
石炭系	壶天统	本溪组	湖田段	G层铝土 山西式铁矿	徐州贾旺	150	[剖面柱状]	混合坪 局限台地 混合坪 局限台地 泥坪 局限台地 混合坪 泻湖 局限台地 混合坪 砂坪 局限台地	筳 <i>Fusulina</i> - <i>Fusulinella</i> 带 牙形石: <i>Idiognathodus</i> <i>delicatus</i> - <i>I. magnificus</i> <i>Neognathodus bassleri</i> 带 古植物: <i>Neuropteris</i> <i>gigantea</i> - <i>Linopteris</i> <i>neuropteroides</i>	HST	Sq1	TST	[海平面变化]	
														混合坪 局限台地
€-O						0	[剖面柱状]	泻湖 残积相						

图 2 南华北地区石炭—二叠系陆表海沉积层序地层划分(化石组合据裴放^[20])

Fig 2 Sequence division of epicontinental deposit of Permian-Carboniferous in Southern North China

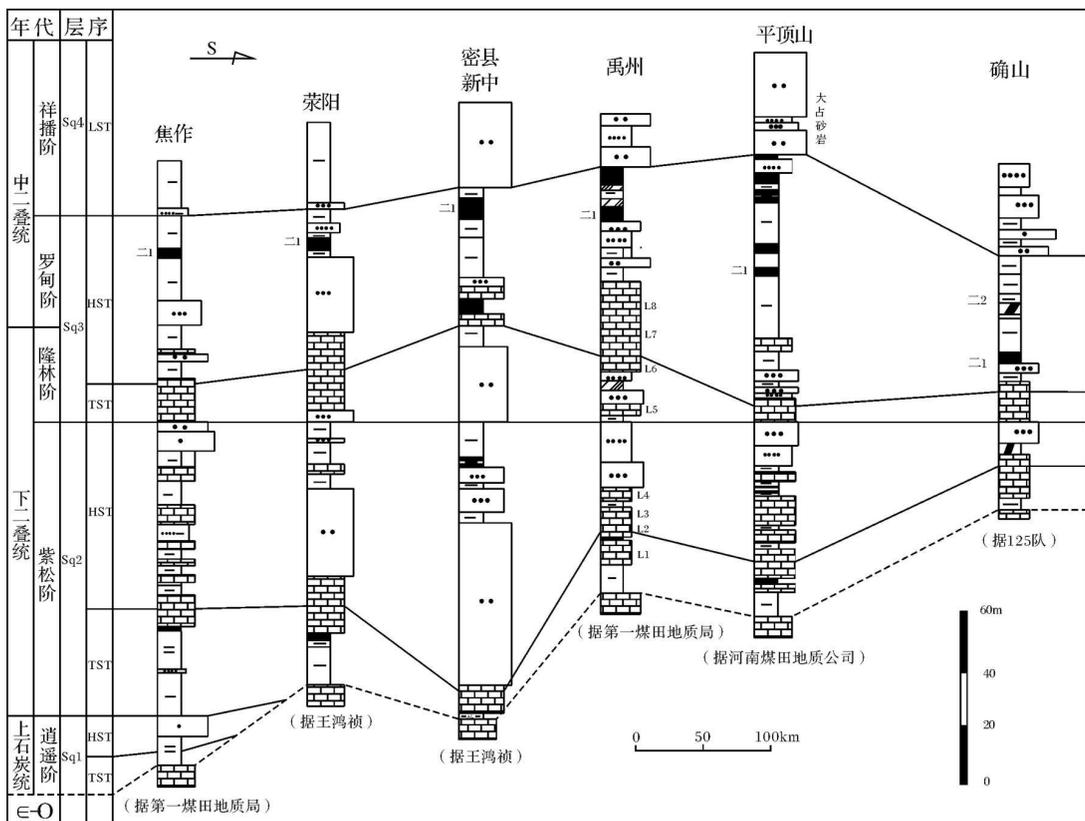


图 3 南北向层序对比剖面

Sq1 是华北板块自中奥陶世长期风化剥蚀以来第一期海侵的产物,其时限相当于晚石炭世达拉期—逍遥期。对应䃇 *Fusulina—Fusulinella* 和 *Triticites—Montiparus* 组合带,牙形石 *Idiogonathodus delicatus—Imagnificus—Neognathodus bassleri* 组合,古植物 *Neuropteris gigantea—Linopteris neuropteroides* 组合带。达拉期䃇 *Prufusulinella* 属,主要在徐州地区发育,相当于初期差异沉降沉积。该层序以奥陶系/寒武系之上的区域不整合面为层序底界,由北向南超覆于基底之上,海侵体系域发育不明显,以瀉湖—潮坪相为主,在豫东和淮北以中厚层泥晶灰岩 L1 为最大海泛面,徐州灰岩厚度较大,以 Ls17 为最大海泛面(表 1)。

Sq2 时限为早二叠世紫松期,对应生物带:䃇 *Pseudoschwagerina*, 牙形石 *Streptognathodus elongatus—S. gracilis* 带。本层序继续向南向西超覆,在淮南、豫西以区域不整合面为底界,淮北、豫东等地以 *Triticites* 带缺失界面为底界,在徐州以 Ls12 下的 21 煤底界为层序界面。最大海平面发育厚层深灰色生物屑泥晶灰岩,含燧石结核或条带,在河南和两淮为 L2 灰岩,徐州为 Ls12 灰岩(见表 1)。

Sq3 时限相当于早二叠世隆林期—中二叠世罗甸期,对应生物带:䃇 *Oketaella sinensis—Triticites henanensis* 带和牙形石 *Diplogonathodus expansus—Sweetognathus hitei* 带。层序界面主要是沉积相转换面,豫西和豫东以最大海泛面灰岩下的一₈煤层底界为界面,徐州和两淮分别以 Ls12 和 L9 底界为边界,灰岩直接覆盖于砂泥岩之上。最大海泛面为含燧石条带生物屑泥晶灰岩,发育稳定,可全区对比,即两淮的 L10 豫西 L7 豫东 L8 及徐州的 Ls4 灰岩(表 1)。层序高水位体系域末期,发生大规模海退,形成大量进积潮汐砂体,并最终泥炭沼泽化,普遍发育煤层,作为层序的顶界面(见图 3)。

2 层序古地理

2.1 古地理编图方法

岩相古地理编图理论很多^[21~24],不同的理论、方法有各自的优缺点,适合不同的沉积实体。华北陆表海沉积以碎屑岩和灰岩互层为主,本溪组和太原组灰岩标志层发育,横向分布相对稳定,可进行大范围对比,沉积相条带状展布趋势明显,故采用沉积相比值法^[23],操作简便有效。

Sq1~Sq3 时期主要为障壁—瀉湖—台地沉积体系,据沉积相比值法,分别选取台地瀉湖、障壁坝和潮

坪三个端元,首先以台地+瀉湖相与障壁坝+潮坪厚度之比按 1:1 分界,然后台地与瀉湖、障壁坝与潮坪,各自按 1:1 分界(见图 4),对 50 个单井柱子进行沉积相比值计算,得到各点的优势沉积相,将各相同相归类,各沉积相边界按层序厚度或灰岩厚度等值线修正,得到古地理图。

各端元沉积相的主要识别标志有:①瀉湖,由深灰色、灰黑色的粉砂质泥岩、泥岩以及页岩组成,发育水平层理和生物扰动构造,可见水平生物潜穴。含较多菱铁质结核或黄铁矿结核。④台地,在研究区内主要包括开阔台地相和局限台地相,以生物碎屑泥晶灰岩和含生物碎屑泥晶灰岩为主,代表华北陆表海总体上中等—低能的浅水环境。其中,开阔台地相主要为生物碎屑泥晶灰岩、含泥晶生物碎屑灰岩,发育块状层理、水平层理,以及风暴作用造成的波状层理、丘状层理,有时见硅质结核或条带。生物化石含量高,多破碎。局限台地,以泥晶灰岩、含粒屑生物碎屑泥晶灰岩、泥灰岩及白云质灰岩为主,常含有一定陆源碎屑,见波状层理、交错层理。生物种类比较单调,介质盐度低于开阔台地,酸不溶残渣含量高。④障壁坝,以成熟度较高的细—粗粒石英砂岩为主体,分选好,磨圆度高,铝质或硅质胶结,具有比较典型的向上变粗(进积)或向上变细(退积)的沉积层序。发育有冲洗交错层理、低角度交错层理、平行层理及波状层理。④潮坪,岩性为细砂岩、粉砂岩、泥岩和煤层,发育水平层理、波状层理、透镜状、脉状层理和低角度双向交错层理,见植物根茎碎片、黄铁矿结核和生物扰动,常发生泥炭沼泽化。

岩相古地理编图单元的选择,决定古地理图的真实性和准确性,考虑古地理图的实用性和准确性,本文以层序与最大海泛面相结合为编图单元,既能综合反映一段时期内的古地理状况,又能反映瞬时的海陆分布。

2.2 Sq1 时期古地理

该时期海侵范围有限, Sq1 主要分布于三门峡—洛阳—蚌埠以北地区,超覆于区域不整合面之上。从图 4 可见层序总体上北厚南薄,平均厚度 40 m 左右,最大厚度位于徐州、临沂地区,为该时期沉积中心。其厚度变化规律可能是由基底的南高北低造成的,同时受基底的差异沉降控制,局部凹陷地层厚度较大。岩石地层主要包括本溪组和太原组底部,下部为一套铁铝质泥岩,夹灰岩透镜体,为瀉湖相沉积;上部为中粗粒石英砂岩、薄层生物碎屑泥晶灰岩、黑色钙质泥岩等,为潮坪和局限台地相。

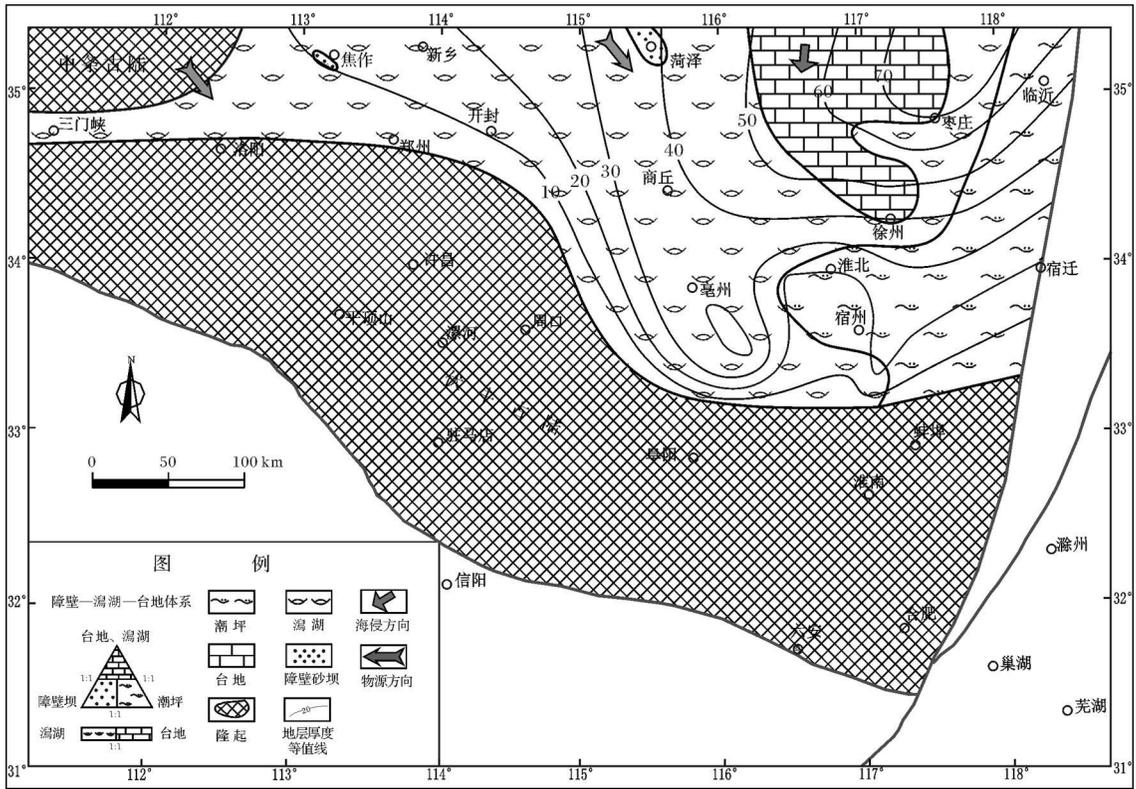


图 4 S_{q1}时期古地理图

Fig 4 Paleogeographical map in S_{q1}

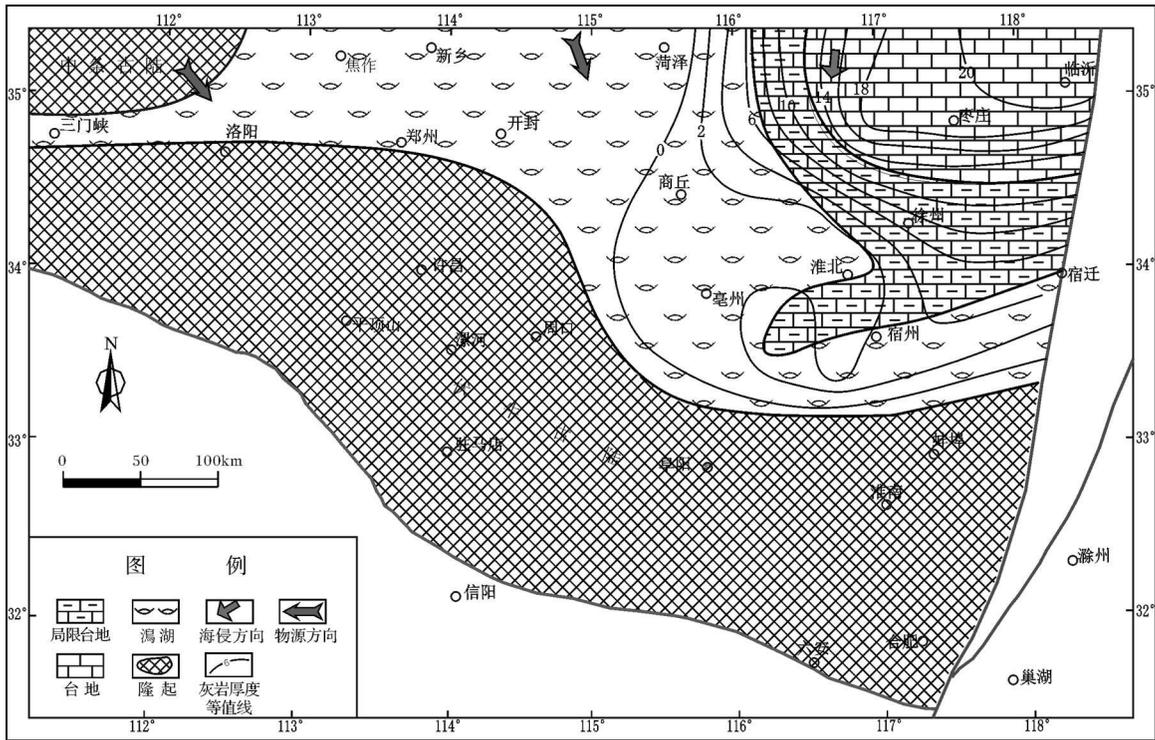


图 5 S_{q1}最大海泛面瞬时古地理图

Fig 5 The instant paleogeographical map of maximum flood surface in S_{q1}

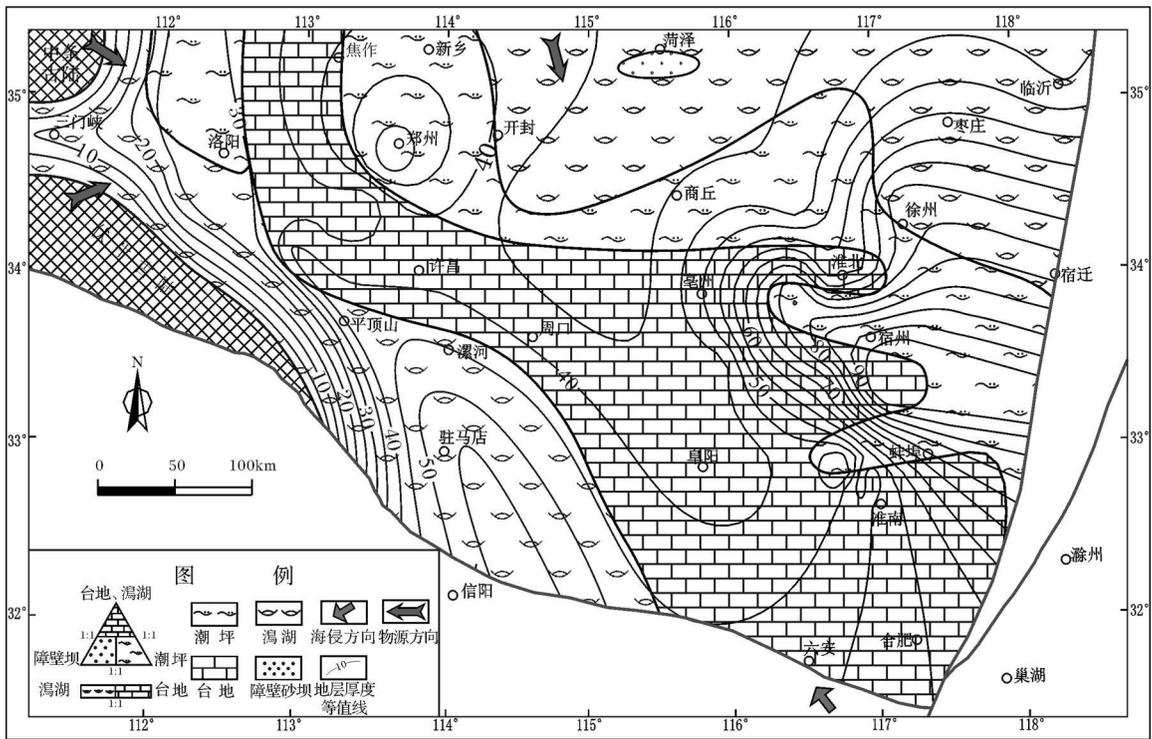


图 8 Sq3时期古地理图

Fig 8 Paleogeographical map in Sq3

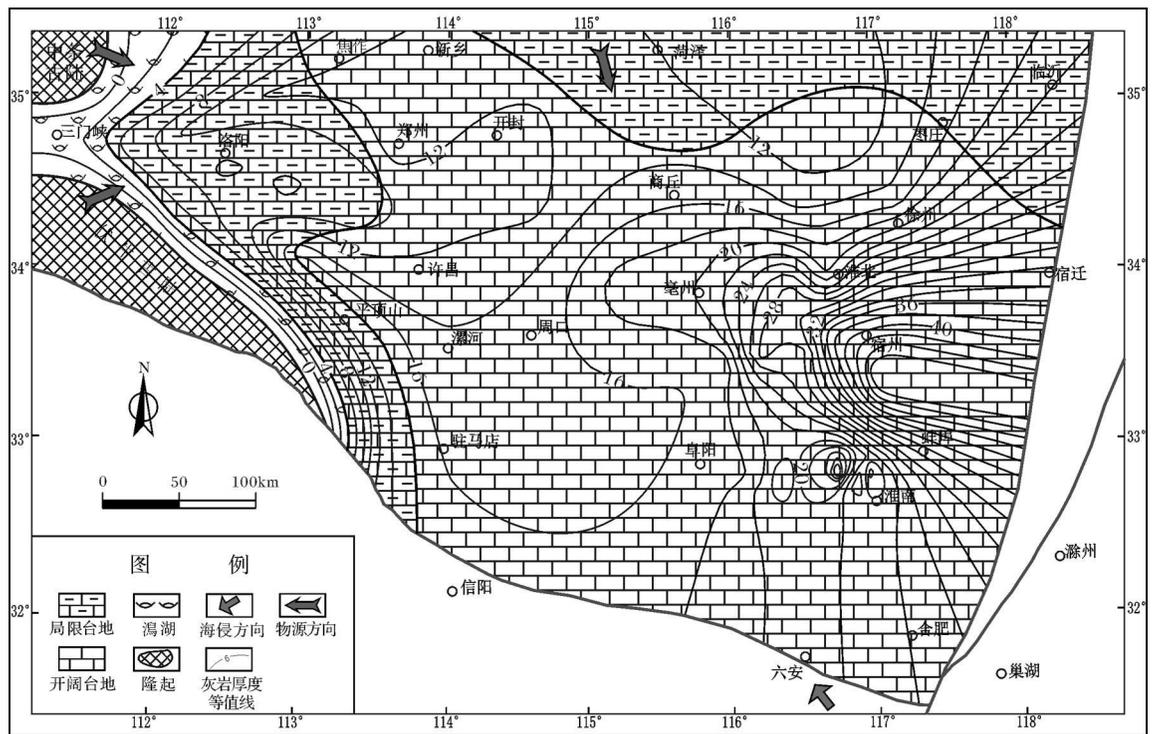


图 9 Sq3最大海泛面瞬时古地理图

Fig 9 The instant paleogeographical map of maximum flood surface in Sq3

3 古地理演化与成因探讨

3.1 古地理演化

经历了中奥陶世以来的长期风化剥蚀后, 在晚石炭世华北板块发生了广泛海侵作用, 开始了盆地的充填历史。作为第一充填阶段的陆表海沉积发育了三个层序, 对应三期海侵, 物源主要来自北缘阴山古陆, 伏牛古陆和中条古陆也提供了部分物源。

第一期海侵 (Sq1) 来自东北方向, 海侵时间较短, 范围小, 向南超覆于寒武系 / 奥陶系之上的区域不整合面, 仅分布于三门峡—洛阳—蚌埠以北 (图 10-Sq1), 地势南高北低。以瀉湖相最为发育, 台地相仅在北部的徐州地区发育。沉积中心与盆地中心重合, 位于临沂、徐州地区。

第二期海侵 (Sq2) 范围达到最大, 覆盖了除伏牛古陆和中条古陆外的全部地区, 在伏牛古陆和中条古陆周围的下冶、宜洛等地也普遍开始发育瀉湖、潮坪相沉积。在两淮、确山等地发育台地相, 向北依次为瀉湖、潮坪相, 相的展布总体体现了北陆南海的古地理格局。与第一期海侵相比, 海侵方向发生了改变, 由东北变为东南 (图 10-Sq2)。沉积中心仍位于临沂、徐州地区, 盆地中心则位于淮南。

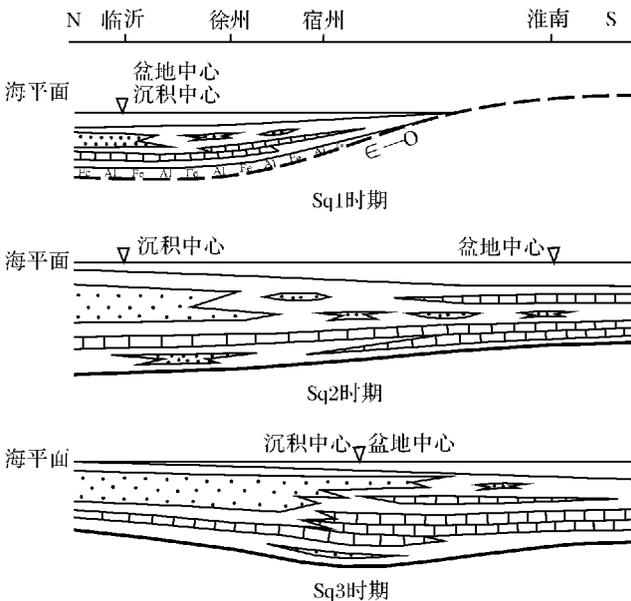


图 10 Sq1~Sq3 古地理演化

Fig. 10 Paleogeographical evolution from Sq1 to Sq3

第三期海侵 (Sq3) 依然延续了 Sq2 时期的海陆分布格局, 不同的是盆地沉积中心向南推移至宿州地区, 与盆地中心重叠 (图 10-Sq3)。沉积相由北向南

瀉湖—潮坪—台地依次排列, 与 Sq2 相比, 开阔台地相沉积向南退缩, 并在层序末期发生广泛海退, 结束了陆表海沉积阶段。

3.2 成因探讨

盆地古地理是全球海平面升降、构造运动、物源供应及气候变化等地质因素相互叠加综合作用的结果^[27]。从早石炭世至中二叠世, 在全球冰川生长消融的影响下, 全球海平面处于高水位, 在俄罗斯地台和北美地台上形成了以浅海碳酸盐岩为主的地层, 可与华北板块进行很好的对比。晚石炭世—早二叠世 (310~270 Ma) 是冰川消融引起的全球海平面上升幅度最大的时期, 达 70~120 m^[28], 产生时间与华北石炭—二叠系吻合。同时, 华北板块石炭—二叠系陆表海沉积海侵的突发性和海退的强制性^[4,12], 具有冰川消融引起的全球海平面高频振荡的特点, 因此推测华北陆表海沉积可能是在全球海平面上升的背景下形成的。但华北板块南缘勉略洋和北缘古亚洲洋的开合对于华北石炭—二叠系的影响也不容忽视, 其与区内 Sq1 和 Sq2 之间海侵转换面的关系值得进一步探讨。

研究区 Sq1 与 Sq2 之间的海侵方向由东北向东南方向的翘板式转变存在四种可能性: (1) 华北北缘古亚洲洋闭合的碰撞作用造成的华北北部隆升; (2) 华北南缘勉略洋的裂陷导致南华北的沉降作用^[29]; (3) 二者共同作用; (4) 全球海平面升降与物源供应的影响。

盆地基底寒武—奥陶系总体出露层位由北向南变低^[3], 可见, 盆地基底地形当时南高北低, 而经历短暂海侵后, 进入 Sq2 相当于早二叠世的紫松期 (即国际地层表的 Asselian-Sakmarian), 时间大约在 299~284 Ma 之间, 此时华北板块南北两缘的古亚洲洋和古特提斯洋尚未完全关闭。据 Chen 对北缘兴蒙造山带的岩浆岩年龄的 U—Pb 测年结果, 将碰撞造山作用限定在 296~234 Ma 之间^[30], 认为碰撞开始于 296 Ma 之后, 其开始碰撞时间与海侵转换时间非常吻合。但古亚洲洋的闭合被称为“软碰撞”的增生造山^[31,32], 对板内构造影响有限, 但可以对盆地物源区“阴山古陆”产生重要影响。张国伟等 (2004) 认为 D₂₋₃—P₂ 是南缘勉略有限洋盆的扩张发育阶段, 在这种应力环境下有可能导致南华北地区的沉降^[33]。盆地 Sq3 之后长期稳定的三角洲沉积环境可能与其缓慢沉降有关^[34], 但值得注意的是 Sq1 与 Sq2 之间的海侵方向的转变很快, 没有任何构造的痕迹, 短时间

内产生快速沉降的可能性较小。本文认为海侵方向的转变是由冰川生长消融引起的突发性海侵,南高北低的盆地基底和北缘稳定的物源共同作用导致的,南缘勉略洋的扩展只对 Sq_3 以后的盆地演化产生重大影响。 Sq_1 时期海侵范围小,海水会沿地势低洼的东北地区进入盆地,同时陆源碎屑供应也少。 Sq_2 时期的海水覆盖了整个华北,海水向南可能已与勉略洋相接,北缘古亚洲洋的闭合使“阴山古陆”进一步隆升,为华北提供了充足的碎屑物源供应,而南部处于相对饥饿状态,发育厚层稳定灰岩,与 Sq_1 时期相比形成海侵方向的转换,事实上板内构造尚保持稳定。 Sq_3 时期,在南缘勉略洋盆的扩张应力环境下,研究区开始产生缓慢沉降,并一直持续到二叠纪晚期。

4 结论

南华北地区石炭—二叠系陆表海沉积可分为 3 个三级层序: $Sq_1 \sim Sq_3$ 对应三期主要的海侵。通过对 $Sq_1 \sim Sq_3$ 的古地理恢复,认为 Sq_1 时期盆地南高北低,海侵主要来自东北方向,海侵范围较小,南部为隆起剥蚀区。 Sq_2 时期海侵范围达到最大,同时海侵方向发生变化,由东北向变为东南向,二者之间存在海侵转换面。 Sq_3 时期依然保持 Sq_2 时期古地理格局,但海侵范围向南退缩。物源碎屑主要来自北方“阴山古陆”,伏牛古陆和中条古陆只有部分贡献。盆地的充填层序受全球海平面上升、稳定物源和基底的影响,在 $Sq_1 \sim Sq_2$ 之间形成海侵转换面。

致谢 感谢宫萍萍、孟兆磊和刘彬彬在岩相古地理基础图件绘制方面的帮助,孟庆任研究员对本文提供了非常好的建议,还有评审专家提出的修改意见,对文章的进一步完善具有很大的指导意义,在此深表谢意。

参考文献 (References)

- 1 李国玉,吕鸣岗. 中国含油气盆地图集 [M]. 北京:石油工业出版社, 2002 25 [Li Guoyu, Lv Minggang Atlas of Chinese Oil-Bearing Basins [M]. Beijing Petroleum Industry Press 2002 25]
- 2 河南煤田地质公司. 河南省晚古生代聚煤规律 [M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1991: 8-54 [Henan Coalfield Geological Company. Coal Accumulation Theory in Late Paleozoic in Henan Province [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press 1991: 8-54]
- 3 杨起. 河南禹县晚古生代煤系沉积环境与聚煤特征 [M]. 北京:地质出版社, 1987: 263-271 [Yang Qi Late Paleozoic Coal-Bearing Sedimentary Environments and Coal Characteristics in Yuxian County of Henan Province [M]. Beijing Geological Publishing House 1987: 263-271]
- 4 陈世悦,徐凤银,刘焕杰. 华北晚古生代层序地层与聚煤规律 [M]. 山东东营:石油大学出版社, 2000: 18-48 [Chen Shiyue, Xu Fengyin, Liu Huanjie Sequence Stratigraphy and Coal Accumulation Theory of Late Paleozoic in North China [M]. Dongying Shandong Petroleum University Press 2000: 18-48]
- 5 陈钟惠. 华北晚古生代含煤岩系的沉积环境和聚煤规律 [M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1993: 56-132 [Chen Zhonghui Sedimentary Environment and Coal Accumulation Theory of Late Paleozoic Coal-Bearing Strata in North China [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press 1993: 56-132]
- 6 韩树葵. 两淮地区成煤条件及成煤预测 [M]. 北京:地质出版社, 1990: 1-67 [Han Shukai Coal-FORMING Conditions and Prediction of Coal in Huai'an and Huaibei [M]. Beijing Geological Publishing House 1990: 1-67]
- 7 周丽. 南华北盆地晚石炭世—中二叠世构造沉积演化与烃源岩评价 [D]. 西安:西北大学, 2005 [Zhou Li Tectonic and Sedimentary Evolution and Source Rock Evaluation of Late Carboniferous-Middle Permian in Nanhua Basin [D]. Xi'an Northwest University, 2005]
- 8 陈世悦. 华北地块南部晚古生代至三叠纪沉积构造演化 [J]. 中国矿业大学学报, 2000, 20(3): 8-10 [Chen Shiyue Sedimentary Tectonic Evolution from Late Paleozoic to Triassic in the South of North China Block [J]. Journal of China University of Mining and Technology, 2000, 20(3): 8-10]
- 9 孟祥化,葛铭. 中朝板块层序、事件、演化 [M]. 北京:科学出版社, 2004: 1-516 [Meng Xianghua Ge Ming Sequence Events Evolution of Sino-Korean Plate [M]. Beijing Science Press 2004: 1-516]
- 10 王惠勇. 豫西洛阳—伊川地区晚古生代、早中生代沉积体系与岩相古地理恢复 [D]. 山东青岛:山东科技大学, 2006 [Wang Huiyong Late Paleozoic The Late Paleozoic and Early Triassic Depositional System and Lithofacies Paleogeographic Recovery in Luoyang-Yichuan in the West of Henan Province [D]. Shandong Qingdao Shandong University of Science and Technology, 2006]
- 11 李增学,魏久传. 华北陆表海盆地南部层序地层分析 [M]. 北京:地质出版社, 1998: 75-85 [Li Zengxue Wei Jiuchuan Sequence Stratigraphical Analysis of the South Part of the North China Epicontinental Basin [M]. Beijing Geological Publishing House, 1998: 75-85]
- 12 李增学,魏久传,魏振岱. 含煤盆地层序地层学 [M]. 北京:地质出版社, 2000: 15-68 [Li Zengxue Wei Jiuchuan Wei Zhendai Sequence Stratigraphy of Coal-Bearing Basins [M]. Beijing Geological Publishing House, 2000: 15-68]
- 13 王鸿祯,史晓颖,王训练,等. 中国层序地层研究 [M]. 广州:广东科技出版社, 2000: 206-225 [Wang Hongzhen, Shi Xiaoying, Wang Xunlian, et al. Research on sequence stratigraphy of China [M]. Guangzhou Guangdong Science and Technology Press 2000: 206-225]
- 14 Li Z, Wei J, Li S. The characteristics of sequence stratigraphy in the epicontinental basin [J]. Proc 30th Intl Geol Congr 1997, (8): 141-151

- 15 李思田, 李祯, 林畅松. 含煤盆地层序地层分析的几个基本问题 [J]. 煤田地质与勘探, 1993, 21(4): 1-9 [Li Sitian, Li Zhen, Lin Changsong. Some fundamental problems about sequence stratigraphical analysis of coal basin [J]. Coal Geology and Exploration 1993, 21(4): 1-9]
- 16 徐学思. 江苏省岩石地层 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997: 68-88 [Xu Xuesi. Lithostratigraphy of Jiangsu province [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997: 68-88]
- 17 邵龙义, 肖正辉, 汪浩, 等. 沁水盆地石炭—二叠纪含煤岩系高分辨率层序地层及聚煤模式 [J]. 地质科学, 2008, 43(4): 777-791 [Shao Longyi, Xiao Zhenghui, Wang Hao, et al. Permian-Carboniferous coal measures in the Qinshui Basin: High-resolution sequence stratigraphy and coal accumulating mode [J]. Chinese Journal of Geology, 2008, 43(4): 777-791]
- 18 Wagoner J C V, Posamentier H W, Mitchum R M, et al. An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions [C] // Wilgus C K, Posamentier H, Ross C A. Sea-Level Changes: an Integrated Approach. Tulsa, Oklahoma, USA: SEPM special publication, 1988: 39-45
- 19 尚冠雄. 华北地区晚古生代煤地质学研究 [M]. 太原: 山西科学技术出版社, 1997: 125-132 [Shang Guanxiong. Research on Coal Geology of Late Paleozoic in North China [J]. Taiyuan: Shanxi Science and Technology Press, 1997: 125-132]
- 20 裴放. 河南禹州与山西太原石炭—二叠系多重地层对比与划分 [J]. 中国区域地质, 1999, 18(2): 132-139 [Peifang. Multiple stratigraphic division and correlation of the Permian-Carboniferous of Yuzhou of Henan and Taiyuan of Shanxi [J]. Regional Geology of China, 1999, 18(2): 132-139]
- 21 冯增昭. 中国寒武纪和奥陶纪岩相古地理 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2004: 1-233 [Feng Zengzhao. Cambrian and Ordovician Lithofacies Palaeogeography of China [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004: 1-233]
- 22 刘宝珺. 岩相古地理基础和工作方法 [M]. 北京: 地质出版社, 1990: 1-425 [Liu Baojun. The Foundation and Working Methods of Lithofacies Palaeogeography [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1990: 1-425]
- 23 刘焕杰, 张瑜瑾, 王宏伟. 准格尔煤田含煤建造岩相古地理学研究 [M]. 北京: 地质出版社, 1991: 50-53 [Liu Huanjie, Zhang Yujin, Wang Hongwei. Study on Lithofacies Palaeogeography of Coal-Gearing Formations of Jungar Coal Field [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1991: 50-53]
- 24 王鸿祯. 中国古地理图集 [M]. 北京: 地图出版社, 1985: 1-283 [Wang Hongzhen. Palaeogeographical Atlas of China [M]. Beijing: Sinomaps Press, 1985: 1-283]
- 25 徐辉. 华北地区石炭—二叠系陆源物质及来源分析 [J]. 石油实验地质, 1987, 9(1): 57-64 [Xu Hui. Study on Permian-Carboniferous terrigenous source materials and their provenances in North China area [J]. Experimental Petroleum Geology, 1987, 9(1): 57-64]
- 26 石建平, 魏怀习. 济源下冶区上石炭统沉积特征兼论中条古陆 [J]. 中国煤田地质, 1993, 5(3): 35-37 [Shi Jianping, Wei Huaxi. Sedimentary characteristics of upper Carboniferous and discussion on Zhongtiao old land in Xiaye region of Jiyuan [J]. Coal Geology of China, 1993, 5(3): 35-37]
- 27 Haq B U. Sequence Stratigraphy and Depositional Response to Eustatic [M]. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Press, 1995: 87-112
- 28 Rygel M C, Fielding C R, Frank T D, et al. The magnitude of Late Paleozoic G-lacioeustatic fluctuations: A synthesis [J]. Journal of Sedimentary Research, 2008, 78(8): 500-511
- 29 张国伟, 董云鹏, 赖绍聪, 等. 秦岭—大别造山带南缘勉略构造带与勉略缝合带 [J]. 中国科学: D 辑, 2003, (12): 1121-1135 [Zhang Guowei, Dong Yunpeng, Lai Shaocong, et al. Mainly structural belt and suture zone on the southern margin of Qinling-Dabie orogenic belt [J]. Science in China Series D, 2003, (12): 1121-1135]
- 30 Chen B, Jahn B M, Tian W. Evolution of the Solonker suture zone: Constraints from zircon U-Pb ages, Hf isotopic ratios and whole-rock Nd-Sr isotope compositions of subduction- and collision-related magmas and forearc sediments [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2009, 34(3): 245-257
- 31 Windley B F, Alexiev D, Xiao W J, et al. Tectonic models for accretion of the Central Asian Orogenic Belt [J]. Journal of the Geological Society, 2007, 164: 31-47
- 32 Xiao W J, Windley B F, Hao J, et al. Accretion leading to collision and the Permian Solonker suture, Inner Mongolia, China: Tectonics of the central Asian orogenic belt [J]. Tectonics, 2003, 22(6): 8-20
- 33 张国伟, 程顺有, 郭安林, 等. 秦岭—大别中央造山系南缘勉略古缝合带的再认识——兼论中国大陆主体的拼合 [J]. 地质通报, 2004, 23(9-10): 846-853 [Zhang Guowei, Cheng Shunyou, Guo Anlin, et al. Mainly paleo-suture on the southern margin of the Central Orogenic System in Qinling-Dabie——with a discussion of the assembly of the main part of the continent of China [J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23(9-10): 846-853]
- 34 马收先. 南华北地区石炭—二叠系重点层序地层单元岩相古地理分析 [D]. 山东青岛: 山东科技大学, 2008 [Ma Shouxian. Analysis on Lithofacies Palaeogeography of the Key Sequences of Stratigraphy in Southern North China [D]. Shandong Qingdao: Shandong University of Science and Technology, 2008]

Sequence Paleogeographical Evolution of Epicontinental Deposit of Permian-Carboniferous in Southern North China

MA Shou-xian^{1,2} LI Zeng-xue² LV Da-wei²

(1 Institute of Geology and Geophysics Chinese Academy of Science Beijing 100029;

2 College of Geosciences and Engineering Shandong University of Science and Technology Qingdao Shandong 266510)

Abstract Based on the study of sedimentary facies, biostratigraphy and stack patterns of parasequences, epicontinental deposit of Permian-Carboniferous is divided into 3 sequences in Southern North China, which mean 3 transgression circles. After that, this article reconstructs paleogeography both in sequence and at maximum flood surface. It is found that source area lies in the north, and Sq1 develops a small-scale and short-term transgression, which is from NE. However, transgression in Sq2 reaches the top almost submerging the whole area, and changes its direction from NE to SE. Sq3 keeps the same land-sea distribution with Sq2, while transgression area retreats to the south. Finally, the genesis of paleogeographical evolution is discussed, and it is thought that epicontinental deposit is dominated by global transgression, and transitional surface between Sq1 and Sq2 results from the synthesis of global sudden transgression, basin basement high in the south and low in the north, and stable source from the north in inactive tectonic setting.

Key words Southern North China; Permian-Carboniferous; epicontinental deposit; sequence stratigraphy; paleogeography