

文章编号: 1000-0550(2011)05-0876-13

河南省太原组沉积时期岩相古地理特征^①

宋慧波 胡斌 张璐 刘顺喜 牛永斌

(河南理工大学资源环境学院 河南省生物遗迹与成矿过程重点实验室 河南焦作 454003)

摘要 河南省早二叠世太原组沉积区位于华北盆地南部北秦岭褶皱带栾川—固始深断裂以北地区,当时的沉积盆地受华北地块西隆东倾的构造古地理控制,是晚古生代华北陆表海盆地或碳酸盐岩台地沉积的一部分,发育了一套以碳酸盐岩为主夹碎屑岩和煤为特色的陆表海沉积。太原组岩性以灰—深灰色薄—中厚层状生物屑灰岩为主,夹薄—中厚层状的泥岩、泥灰岩、细砂岩、粉砂岩及煤层,局部出现浅灰色厚层中—细粒砂岩、粗砂岩或灰白色石英砂岩,产有丰富的纺锤虫、牙形石、腕足、珊瑚、海百合、双壳类和植物化石等。在沉积序列上,自下而上分为三个岩性段,即①下部灰岩段,主要由4~5层灰岩组成;②中部碎屑岩段,主要由砂、泥岩组成,夹不稳定生物屑微晶灰岩1~3层;③上部灰岩段,含灰岩2~3层,局部可达4~5层。基于地层厚度、碳酸盐岩厚度和砂/泥比等值线的变化趋势分析以及遗迹化石、指相化石和沉积类型的组成与分布特征,可以划分出5种沉积相(潮坪相、潟湖相、障壁岛或砂坝相、局限台地相和开阔台地相)、12种沉积类型、3种沉积组合类型和3种岩相区,包括局限台地—潮坪泥晶灰岩、泥岩相区、开阔台地—潮坪—潟湖灰岩、碎屑岩相区、开阔台地—障壁岛—潮坪灰岩、碎屑岩相区。太原组沉积期的古地理特征表现为:海域分布广泛,海相灰岩几乎遍及全区;海陆边界已向南、向西扩至灵宝—洛宁—嵩县—方城—泌阳一线,该线以西为伏牛古陆,三门峡至济源一线以北为中条古陆,古地势呈现为北西高、南东低,西陡东缓,最大厚度沉积区位于东北部及东部的特点;海水自东和北东两个方向侵入,并自北西向南东方向退去。由于沉积区域内地形比较平缓,海水进退频繁,形成了一套受限陆表海的碳酸盐岩与滨岸潮坪含煤碎屑岩多次交互出现的沉积,在河南省境内滨海平原上的泥炭坪大面积发育,许多地区形成了具有工业价值的可采煤层。

关键词 沉积相 岩相古地理 太原组 早二叠世 河南省

第一作者简介 宋慧波 女 1979年出生 讲师 博士研究生 古生物学和沉积学 E-mail: songhuibo2005@hpu.edu.cn

通讯作者 胡斌 E-mail: hub@hpu.edu.cn

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

0 前言

河南省下二叠统太原组是一套以碳酸盐岩和陆源碎屑岩为主的沉积,沉积区位于华北盆地南部北秦岭褶皱带栾川—固始深断裂以北地区(图1)。前人在古生物地层学、沉积环境和聚煤规律等方面已做过专门调查研究工作^[1~3]。在沉积环境和岩相古地理研究方面,郭熙年等^[4]在开展“河南省晚古生代聚煤规律”课题研究时已经做过大量工作,提出了“陆表海碳酸盐台地—碎屑堡岛复合沉积体系与沉积模式”。本文在前人工作的基础上,又增加了部分野外露头 and 隐伏区新勘探资料的沉积相、遗迹化石研究等研究工作,较系统分析了全省各地太原组代表性剖面的沉积相和沉积类型的分布特征,绘制了地层厚度等

值线、碳酸盐岩厚度等值线和砂/泥比等值线图,并将单因素分析与综合因素分析相结合,绘制了河南省早二叠世(太原组沉积期)岩相古地理图。这一成果可为河南省晚古生代时期的潜力资源评价提供盆地沉积背景方面的理论依据和重要基础性资料。

1 区域构造古地理背景

从区域构造上看,河南省境内晚古生代沉积区位于栾川至固始一线以北的中朝板块华北地块南部(图1),包含南华北盆地主体部分。在石炭纪末至早二叠世,中朝板块(华北地块)与西伯利亚板块发生了碰撞造山作用,西伯利亚板块俯冲加剧。随着挤压应力从板缘向板内逐步传递,不仅在板块北缘活动带形成了海西期兴蒙造山带,使早古生代弧—陆碰撞形

^①国家自然科学基金项目(批准号:40872001、41102002),国家高校博士点专项基金(编号:20094116110002),河南省科技计划项目(编号:092300410167),河南省生物遗迹与成矿过程重点实验室开放基金(编号:OTMP0904)联合资助。

收稿日期:2010-08-28;收修改稿日期:2010-12-21

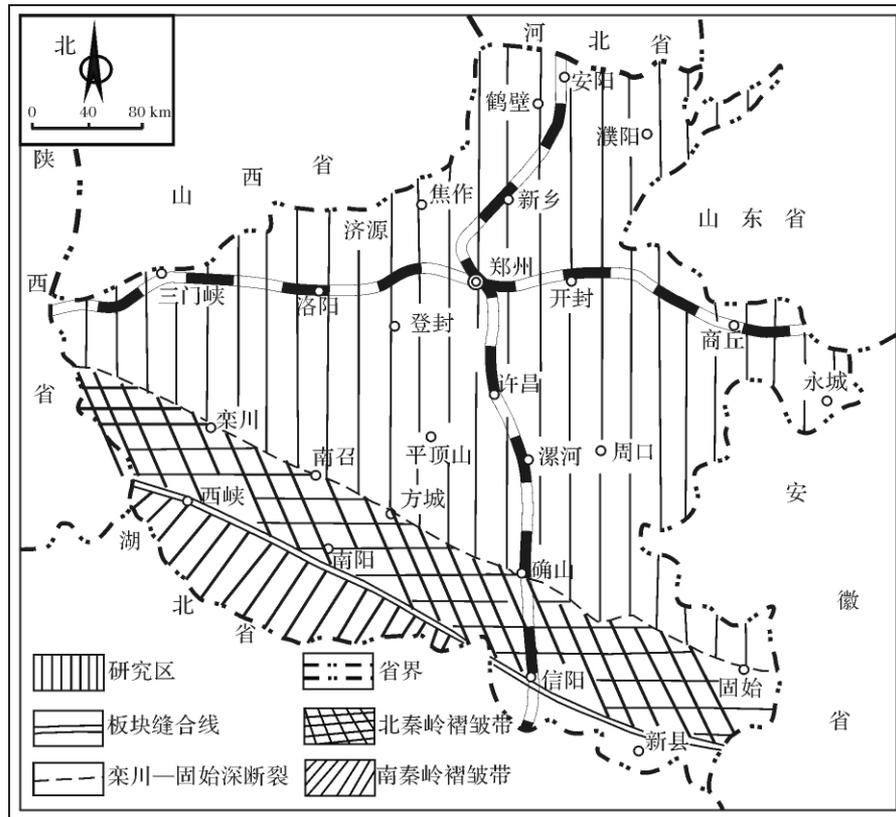


图1 河南省太原组研究区范围示意图(据郭熙年等,1991修改)

Fig. 1 Showing the study area of the Early Permian Taiyuan Formation in Henan province (modified from Guo Xinian, et al., 1991)

成的加里东期燕山—阴山造山带进一步隆升,而且也使中朝板块(华北地块)中南部挤压拗陷,形成沉积盆地。此时,秦岭—大别地块与华北地块发生了双剪刀状反向的、斜向穿时的俯冲碰撞(点接触碰撞)作用,并且首先发生点接触碰撞的地区是丹凤—商南—镇平—桐柏一带(图1)。在点接触碰撞的造山作用下,北秦岭构造带开始隆升。与点接触碰撞地区相对应,首先隆升的地区是小秦岭和伏牛山地区。而华北地块南部挤压沉降,在早二叠世时期,由构造高地演化为陆表海盆地^[5]。在这种构造作用背景下,构造体制的转化导致了华北地块北升南降的“翘板式”构造运动,形成北西高、南东低的地势,南部表现为西陡东缓,沉积中心偏向东北部及东部的特点。早二叠世时期,整个华北地块海侵十分活跃、海域分布相当广泛,海相灰岩几乎遍及全区。此期,华北地区经历了最大海侵和逐渐海退的全过程。由于沉积区域内地形比较平缓,海水进退频繁且时限较短,区内沉积了一套受限陆表海的碎屑岩与碳酸盐岩交互地层。在河南省境内滨海平原上的泥炭坪沼泽大面积发育,许多地区形成了太原组可采煤层。

2 地层发育特征

河南省下二叠统太原组是一套陆表海碳酸盐岩、滨岸碎屑岩沉积,以灰—深灰色薄—中厚层状生物屑灰岩为主,由泥岩、灰岩、细砂岩、粉砂岩及煤层组成,夹厚度不等的灰色中—细粒砂岩、粗砂岩或灰白色石英砂岩,产有丰富的动植物化石,主要有纺锤虫类、有孔虫、牙形石、介形类、腕足类、海百合及双壳类、珊瑚、古植物等。在纵向沉积序列上,太原组常分为下部灰岩段,中部碎屑岩段和上部灰岩段(图2)。上部灰岩段由深灰色中厚—厚层状含燧石灰岩、生物屑灰岩、泥灰岩、砂质泥岩、泥岩和煤组成,本段含灰岩2~3层,局部可达4~5层,其中下部2~3层灰岩发育较稳定,本段灰岩总厚度大于碎屑岩总厚度;中部碎屑岩段由灰白、灰色中、细粒石英砂岩、粉砂岩、砂质泥岩夹薄煤层(2~3层)及不稳定生物屑微晶灰岩(常呈透镜体,1~3层)组成,本段灰岩总厚度小于碎屑岩总厚度;下部灰岩段由4~5层灰岩组成,夹薄层细砂岩、粉砂岩、砂质泥岩和煤层(煤线),本段灰岩总厚度大于碎屑岩总厚度。本组灰岩以生物碎屑灰

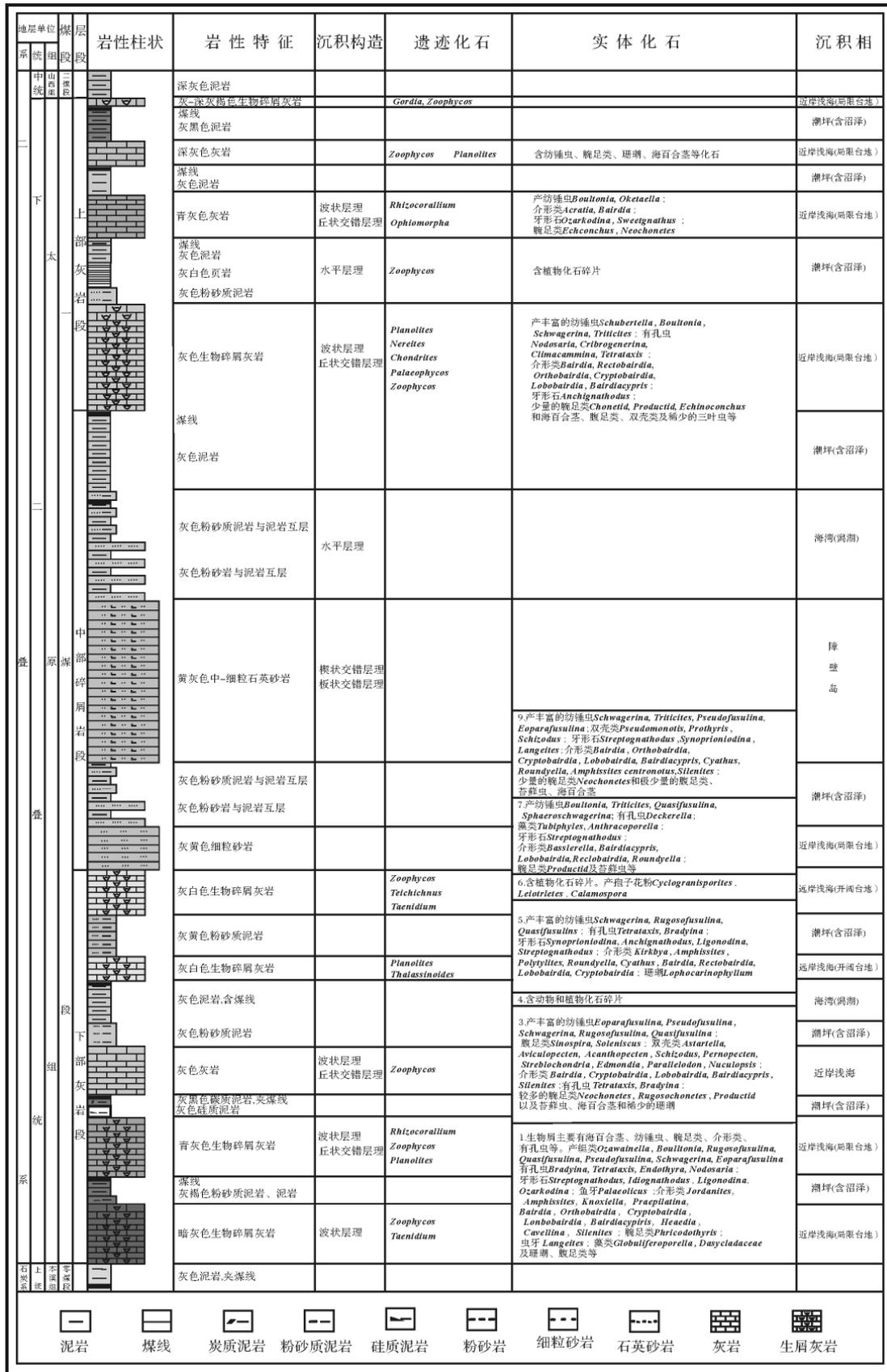


图2 河南省下二叠统太原组沉积相柱状图

Fig. 2 The sedimentary facies column of the Lower Permian Taiyuan Formation in Henan province

岩为主, 次为含生物碎屑灰岩和泥晶灰岩, 常含燧石结核或条带, 具不规则丘状交错层理。太原组厚 22.5 ~ 169 m, 平均 68 m, 多数地区常为 70 ~ 90 m, 豫东北及东部地区厚, 豫西南地区薄。太原组顶界以最上一层灰岩或含腕足类化石的海相泥岩(或硅质泥岩) 顶面与山西组整合接触, 其底界大多数地区是以最底部一层较稳定的灰岩底与本溪组整合接触, 西部少数地区是以底部砂岩与其下本溪组铝土质泥岩整合接触。

值得说明的是, 研究区太原组因含纺锤虫化石 *Pseudoschwagerina* 组合带和植物化石斯氏鳞木—斜方鳞木—卵脉羊齿组合带 (*Lepidodendron szeianum*—*L. posthumii*—*Neuropteris ovata* Assemblage Zone)^[6], 所以其地质时代定为早二叠世紫松期—隆林期, 相当于国际标准阿瑟尔(Asselian) 中期至亚丁斯克期(Artinskian)^[3]。此外, 其他化石还发现有大量的牙形石^[3, 7-11]、介形类^[3, 12, 13]、腕足类^[8, 14]、珊瑚类^[8]和有孔虫类^[15]等, 这些化石在河南省内的时代大体一致, 大多是早二叠世常见分子。

3 沉积相及其沉积特征

根据岩性、沉积构造、实体化石、遗迹化石的组成和分布特征, 本研究区太原组可划分出五种沉积相带, 即: 潮坪—沼泽相带、海湾—潟湖相带、障壁岛(砂质滩、坝)相带、近岸浅海相带和远岸浅海相带。通过对各相带纵向沉积序列的分析, 已识别出 12 种沉积类型(图 2 3)。

现将各相带的沉积特征及沉积类型简述如下:

3.1 潮坪—沼泽相带及沉积特征

该相带沉积由深灰色、灰黑色的粉砂岩、深灰、灰黑色泥岩、碳质泥岩和煤组成。含有较多的植物叶片和根化石, 泥岩中黄铁矿结核常见。典型的沉积构造有波状层理、透镜状层理和砂、泥互层层理等。生物扰动构造及生物潜穴在互层的沉积物中发育, 生物潜穴以层面拖进和层内高角度倾斜或近乎直立的潜穴为主, 如 *Thalassinoides*, *Ophiomorpha*, *Rhizocorallium* 和 *Gordia* 等, 反映了水体较浅, 水动力较强, 并且周期性暴露水面的沉积环境。

研究区早二叠世太原组潮间带非常发育, 受潮汐的周期性变化影响较大, 形成所谓的浑水沉积碎屑岩潮坪。在研究区内, 潮汐作用形成的潮道和潮坪沉积有三种沉积序列类型, 分别是 (1) 混合坪 + 泥坪沉积序列(含煤层) 沉积序列(图 3, I-1), (2) 混合坪 + 泥坪(不含煤层) 沉积序列(图 3, I-2) 和 (3) 混合坪 + 潮道 + 混合坪 + 泥坪 + 泥炭坪沉积序列(图 3, I-3)。各类沉积特征分述如下:

① 潮道沉积特征: 潮道沉积是在较强的潮汐水流作用下形成的, 因此沉积物颗粒较粗, 岩性一般为含砾细砂岩和中粒砂岩, 常见大型楔状和板状交错层理, 化石稀少。

② 砂坪沉积特征: 在研究区内砂坪细粒砂岩中的沉积物以石英为主, 其次是云母和岩屑, 分选和磨圆均较好, 发育板状交错层理, 常见植物化石。

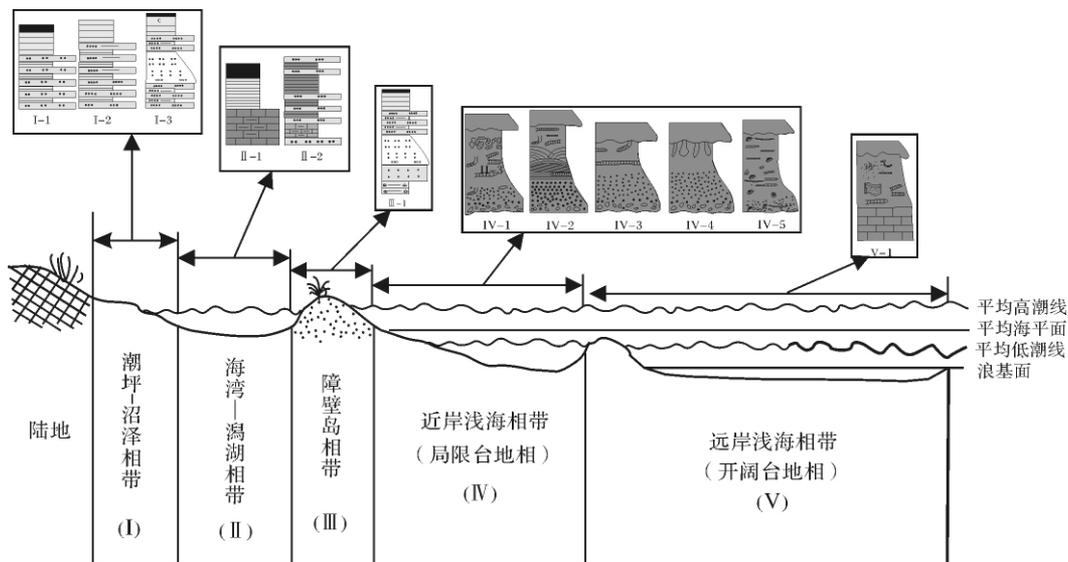


图 3 河南省太原组沉积类型及其环境分布模式图

Fig. 3 The sedimentary types and their environment distribution mode of the Taiyuan Formation, Henan Province

③ 混合坪沉积特征: 混合坪沉积以细粒砂岩、粉砂岩和泥岩的互层为特征, 常见水平层理、透镜状层理、缓波状层理等。在研究区的各个小层序中几乎都可见到砂、泥混合坪沉积组合。

④ 泥坪沉积特征: 泥坪沉积主要为深灰色泥岩、灰色砂质泥岩和粉砂岩。在泥坪沉积中常见遗迹化石以及植物根系等, 具块状层理、水平层理等。

⑤ 泥炭沼泽沉积特征: 潮坪上的泥炭沼泽是在陆表海环境下不断受到海水侵蚀的沼泽环境, 它的发育、发展至成煤的各个阶段均受到海平面变化的控制。当潮汐流作用减弱, 潮坪常出现沼泽化, 如果气候适宜的话, 则进一步变为泥炭沼泽, 是一种近海的受海水影响的低位沼泽。由潮坪背景演化而来的泥炭沼泽分布范围广且较为稳定, 其岩性以暗色泥质和粉砂质沉积为主, 具水平层理, 含丰富植物化石。由于太原组沉积时期, 海侵频繁发生, 所以保存下来的泥炭层常形成薄层煤, 仅局部可采, 大多不可采。

3.2 海湾—潟湖相带及沉积特征

该相带是指海湾地带因出现一些障壁岛或滩坝所形成的以潟湖为主体的沉积相带, 主要发育在太原组中部碎屑岩段和上部灰岩段, 岩性为灰、深灰、灰黑色泥岩、粉砂质泥岩, 夹薄层粉、细砂岩, 含生物碎屑泥晶灰岩。泥岩中发育水平层理和缓波状层理。常见植物碎屑。含半咸水的动物化石, 偶见海绵骨针, 含有 *Zoophycos* 遗迹化石, 这些沉积特征显示其为一种较闭塞、水体较平静且还原程度较高的沉积环境。沿层理面还分布有大量的椭球状菱铁质结核和较多的黄铁矿结核, 表现出停滞缺氧的半咸水盆地的沉积特征。在灰色、红褐色含生物碎屑泥晶灰岩中, 可见 *Zoophycos* 遗迹化石及百合茎、纺锤虫类、苔藓虫、珊瑚、腕足类化石及碎片。该相带在豫西地区广泛分布, 依据垂向岩性组合序列的不同, 可分为二种沉积序列类型, 分别是 (1) 潟湖 + 泥坪沉积序列 (图 3, II-1) 和 (2) 砂坪 + 潟湖 + 混合坪 + 潟湖沉积序列 (图 3, II-2)。

3.3 障壁岛(砂质滩、坝)相带及沉积特征

太原组中的障壁岛—潟湖—潮坪沉积体系主要在中部碎屑岩段中发育。障壁岛相沉积主要岩性以成熟度较高的中、细粒石英砂岩为主, 石英含量达 95% 以上, 分选性好, 磨圆度高, 硅质胶结, 常见楔状、波状、板状交错层理。这种岩性特征反映了滨岸地带的强水动力条件以及沉积物经过较长距离搬运的结果。由于该相带处于高能水动力条件, 不利于生物活

动和化石的保存, 所以, 未发现完整的实体化石, 遗迹化石也相当稀少。从纵向沉积序列分析, 该相带主要发育潟湖 + 障壁岛 + 潮坪沉积序列 (图 3, III-1)。

3.4 近岸浅海(局限台地)相带及沉积特征

近岸浅海(局限台地)相带属台地相区浪基面之上、水体相对较浅的沉积区域。在该相带内, 主要岩性为灰色中厚—厚层状亮晶生物屑灰岩、鲕粒灰岩及泥晶生物屑灰岩, 局部发育不规则的交错层理。生物碎屑丰富, 由多种生物介壳组成。含有有孔虫、纺锤虫类、腕足、珊瑚、海百合茎等化石, 种属单调, 个体小, 反映海水环流不畅的环境。遗迹化石大多为 *Zoophycos*, 伴生有 U 形具蹼状构造的潜穴 *Rhizocoralium*、近水平具回填纹构造的 *Taenidium* 和沿层面分布的管状潜穴 *Planolites* 等。这些遗迹化石常出现在近岸浅海并经常受多种水流影响的沉积环境, 大量介壳碎屑和鲕粒灰岩的出现也证明了这一点。总体特征表现为局限台地相的沉积特征。由于研究区太原组形成于陆表海背景之下, 水体深度不大, 因此大部分碳酸盐岩沉积形成于该相带, 主要受潮汐作用和地方性风暴作用影响。所以, 风暴沉积非常发育。具风暴沉积的灰岩中常夹较多碎屑, 往往形成生物碎屑滞积层或条带。不具风暴沉积的灰岩, 成分往往较为纯净一致, 没有明显的生物碎屑滞积层。基于垂向上沉积组合特征分析, 该相带可以分为以下 5 种沉积序列类型:

类型 1, 含泥晶生物屑灰岩 + 生物屑泥晶灰岩沉积序列 (图 3, IV-1)。主要沉积特点表现为: ① 底部介壳层比较薄, 为 2~4 cm; ② 序列中不发育纹理层; ③ 生物屑泥晶灰岩中出现的生物扰动层全区稳定, 并在介壳层和生物扰动层之间发育大型 *Zoophycos* 和少量 *Rhizocorallium* 和 *Planolites* 遗迹化石, 其中上角状珊瑚 *Caninia* 呈堆状聚积且不连续分布。此类型仅见于 L_5 和 L_6 灰岩中。

类型 2, 含泥晶生物屑灰岩 + 含生物屑泥晶灰岩 + 泥晶灰岩沉积序列 (图 3, IV-2), 其特点为: ① 纹理层普遍出现, 包括丘状交错层理、波状交错层理和平行层理, 并可见逃逸构造; ② 遗迹层系指泥晶灰岩中含有丰富的遗迹化石, 其生物扰动中等, 定形遗迹化石的种类与类型 I 相似, 但遗迹化石 *Zoophycos* 个体相对较小; 顶部常有星点状分布的 *Syringopora* 群体珊瑚。

类型 3, 泥晶生物屑灰岩 + 泥晶灰岩沉积序列 (图 3, IV-3), 此类型具强烈的侵蚀基底、纹理层不发

育和生物扰动程度不高等特点。该类型的波状基底面的起伏幅度大,一般波长15~18 cm、波高7~12 cm,延伸长度较大。在剖面上多次风暴沉积叠加可形成串珠状构造,并可见类似渠模的冲蚀构造。生物滞积层中较少见完整化石,大多为破碎的介壳碎屑。上段仅见少量的 *Zoophycos* 遗迹化石。此沉积类型沉积层的厚度较薄,常小于20 cm,但其在太原组灰岩中出现频率最高。

类型4,泥晶生物屑灰岩+含生物屑泥晶灰岩沉积序列(图3,IV-4),一般厚16~25 cm。主要特点是:①生物滞积层中的生物颗粒除部分纺锤虫化石外,其它几乎完全破碎为分选良好的介壳碎屑,且数量减少,但藻粒、鲕粒及粉屑和泥屑等内碎屑颗粒大量出现,泥质和基质含量亦明显增高;②纹理层基本不发育,仅局部可见薄而不规则的纹理层;③遗迹化石较少,但仍可见零星小型的 *Zoophycos* 和近垂直的管状或袋状潜穴。

类型5,泥晶生物屑灰岩+泥晶灰岩(图3,IV-5)。由含完整生物化石的泥晶灰岩构成,岩石成分主要为方解石、灰泥、珊瑚类与腕足类共同发育,生物碎屑不发育。腕足类化石在局部比较集中,并且保存完整,为原地底栖生物组合;并且大型单体珊瑚在珊瑚中所占的比例较大,鳞板带加宽。该类型形成于正常浪基面附近较低能环境,遗迹化石丰度、分异度都较高。

3.5 远岸浅海(开阔台地)相带及沉积类型

远岸浅海(开阔台地)相属台地相区浪基面之下、水体相对较深的沉积区域。在该相带内,沉积特征以深灰色薄—中厚层状泥晶生物屑灰岩、生物屑泥晶灰岩为主,具生物屑粒序层理、不规则的丘状交错纹理和水平纹理,含大量的浅海生物化石,种类繁多,主要有纺锤虫、牙形石、海百合、腕足、珊瑚、苔藓虫、有孔虫、介形虫、双壳类和钙质海绵等。生物化石与碎屑混杂堆积,分选差,所以为原地埋藏。其中,遗迹化石十分丰富,尤其是在深灰色泥晶灰岩及钙质泥岩中 *Zoophycos* 遗迹化石大量出现,并且潜穴充填物为黑色沉积物,伴生的其他遗迹化石还有 *Nereites*, *Chondrites*, *Teichichnus* 和 *Planolites* 等。据遗迹学研究,这些遗迹化石常出现在海水相对较深而且水体较平静的海底沉积物中。有时还出现斑状生物扰动层(如 L_5 灰岩中部),说明当时在较平静的海底有大量生物在底层中活动。故推测其形成在浪基面以下、水体相对较深的浅海沉积环境。此外,在该台地相带沉

积的碳酸盐岩中还出现多层风暴沉积^[16]。

该相带常出现的沉积类型为泥晶生物屑灰岩+生物屑泥晶灰岩+泥晶灰岩沉积序列(图3,V-4)。该沉积序列的下部为泥晶生物屑灰岩,由深灰色泥、亮晶方解石组成,含大量的浅海生物化石,如珊瑚、海百合、腕足类、藻类和苔藓虫等,生物化石碎屑与岩石碎屑混杂堆积,分选差,出现在正常浪基面和风暴浪基面之间上部环境中;中部为生物屑泥晶灰岩,由深灰色泥晶方解石组成,生物化石碎屑包括腕足类和苔藓虫等,遗迹化石 *Zoophycos* 大量出现,并且潜穴充填物为黑色沉积物,伴生的其他遗迹化石还有 *Teichichnus* 和 *Planolites* 等,出现在正常浪基面和风暴浪基面之间下部环境中;上部为泥晶灰岩:由灰黑和深灰色泥灰岩组成,发育水平层理,以 *Nereites* 和 *Chondrites* 的大量出现为特征,出现风暴浪基面之下的平静沉积环境中。

4 岩相古地理特征

4.1 单因素分析

(1) 地层厚度等值线图

根据区内46个代表性钻孔和露头剖面点的厚度资料,结合晋南和鲁西等地外围资料点的数据,勾绘出河南省早二叠世太原组地层等厚线图(图4)。由图可知:

①沉积区内大部分地区太原组厚度在50~130 m之间,最大厚度为152.72 m(豫东永城地区),最小厚度约32.22 m(豫西滎池地区)。

②豫北和豫东地区厚度较大,厚度为110~130 m;在济源下冶—洛阳—汝州—一线以西及汝州—鲁山—确山—一线以西地区厚度变小,大多在50 m以下直至尖灭。反映了当时沉积基底地形有明显差异,地层厚度变化总体表现为由北向南、由东向西变薄的趋势,也说明在这两条线以西地区近乎到古陆边缘,也就是说,地层等厚线的变化反映了该时期西部和西南部的古地形相对较高的古地理格局,当时的古陆应在盆地西侧中条古陆和西南侧伏牛古陆一带。海侵从东和北方向入侵河南,并可推测当时物源主要来自盆地西侧的古陆剥蚀区。

③等厚线显示在豫中郑州附近、豫东柘城至永城一带和豫东北鹤壁—安阳—濮阳一带沉积厚度均大于120 m,显然,太原组沉积期至少有三个较大沉积厚度区。

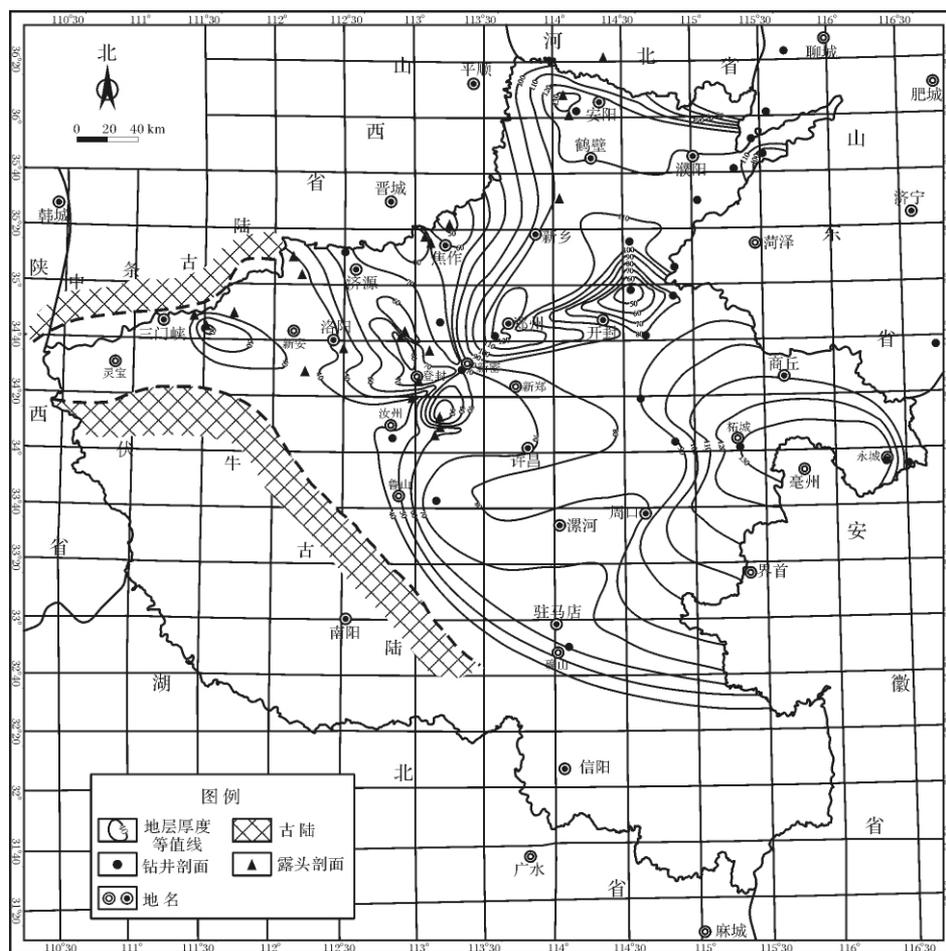


图 4 河南省太原组地层等厚图

Fig. 4 Isoline map of thickness (m) of the Taiyuan Formation in Henan province

(2) 砂/泥比等值线图

依据研究区内 42 个露头 and 钻孔剖面的砂岩和泥岩含量的资料,参照部分冀南和鲁西等地外围资料点的数字,勾绘出河南省早二叠世太原组砂/泥比等值线图(图 5)。该图显示:砂/泥比等值线大于 0.6 的区域有四个分布区,一是位于豫北鹤壁北部豆马庄一带,范围不大;二是位于郑州三李—新密—登封王庄地区(嵩箕地区),范围较大;三是豫西新安至渑池一带,范围也较大;四是豫东的柘城—商丘—永城地区,范围稍大于嵩箕地区。结合沉积相类型分析,这四个含砂量相对较多的地区,主要是障壁岛(砂岛)或砂坪沉积发育区。

(3) 碳酸盐岩厚度等值线图

根据已知 37 个相关露头和钻孔剖面资料,勾绘出河南省太原组中碳酸盐岩厚度等值线图(图 6)。从图中可以看出,太原组中的碳酸盐岩分布由西向东逐渐变厚,新安至汝州一线以西小于厚度 15 m,至古

陆边缘尖灭,往东最大厚度在永城一带,厚度大于 90 m。本区的北部边缘(安阳以北)和西南部边缘(鲁山至确山一线以西)碳酸盐岩的厚度也明显变薄,小于 15 m。厚度大于 35 m 的有禹州、郑州、新乡和永城等地区。说明这些地区在当时有较好的碳酸盐岩沉积背景。

(4) 指相化石的分布特征

依据露头和钻孔剖面中发现的化石,主要由以下四大类组成,第一类为正常浅海沉积环境中常见的纺锤虫类、腕足类、珊瑚、苔藓虫、牙形石、有孔虫、海百合茎以及双壳类和介形虫等动物化石,主要分布在各地太原组浅海相灰岩中;第二类为潟湖(半咸水)沉积环境中常见的双壳类、腹足类、介形类(*Lobabairdia*、*Cryptobairdia* 等)、腕足类 *Lingula* 等动物化石以及动、植物化石碎片,主要分布在泥灰岩和泥岩中;第三类为植物化石,大多为斯氏鳞木—斜方鳞木—卵脉羊齿组合带(*Lepidodendron szeianum*—*L. posthumii*—

Neuropteris ovata Assemblage Zone) 的常见分子,植物群类型较单调而贫乏,以东方型鳞木为主体,次为科达纲植物,并有少数节蕨植物、真蕨植物和种子蕨植物,多产自潮坪(常出现在泥坪)沉积环境,主要分布于济源、宜阳、登封、禹县、平顶山、陕县、渑池等地;第四类为遗迹化石,已识别出三种遗迹化石组合:(1) *Zoophycos—Nereites* 遗迹组合,出现在水体相对较深、浪基面之下且沉积底层内氧气贫乏的开阔台地沉积环境;(2) *Zoophycos—Taenidium* 遗迹组合,产生于水体相对较浅的浪基面之上的局限台地沉积环境;(3) *Ophiomorpha—Thalassinoides* 遗迹组合,发育于海岸带潮坪或海湾、潟湖沉积环境,遗迹化石往往保存在生物屑灰岩、泥质灰岩或钙质粉砂岩和薄层细砂岩中^[17]。

(5) 沉积组合类型及分布特征

通过对 42 个露头 and 钻孔剖面出现的沉积相分析,研究区内太原组在垂直沉积序列上主要发育三种沉积组合类型(图 7),即,类型 I 由局限台地相(海湾

相)碳酸盐岩和潮坪相砂岩、泥岩及煤组成,分布在豫西济源—新密—许昌—平顶山—驻马店一线以西地区并沿古陆边缘分布;类型 II 由开阔台地相碳酸盐岩和潮坪相砂岩、泥岩和煤以及潟湖相泥灰岩、泥岩组成,分布在豫西济源—新密—许昌—平顶山—驻马店一线以东大部分地区,范围广大;类型 III 由开阔台地相碳酸盐岩、障壁岛相中—细粒砂岩、潮坪相砂岩、泥岩和煤以及潟湖相泥灰岩、泥岩组成,主要分布在豫北的鹤壁—安阳—濮阳一带和豫东的柘城—商丘—永城一带。

4.2 古陆及岩相区的划分

(1) 古陆剥蚀区

本区早二叠世太原组与下伏本溪组为整合接触,二者沉积时的盆地范围基本一致。由太原组厚度等值线图(图 4)的变化趋势可以看出,在济源下冶—洛阳—汝州一线以西及汝州—鲁山—确山一线以西地区厚度变小,大多在 50 m 以下,往西厚度渐渐变薄直至尖灭。反映了当时沉积基底的古地形由东向西变

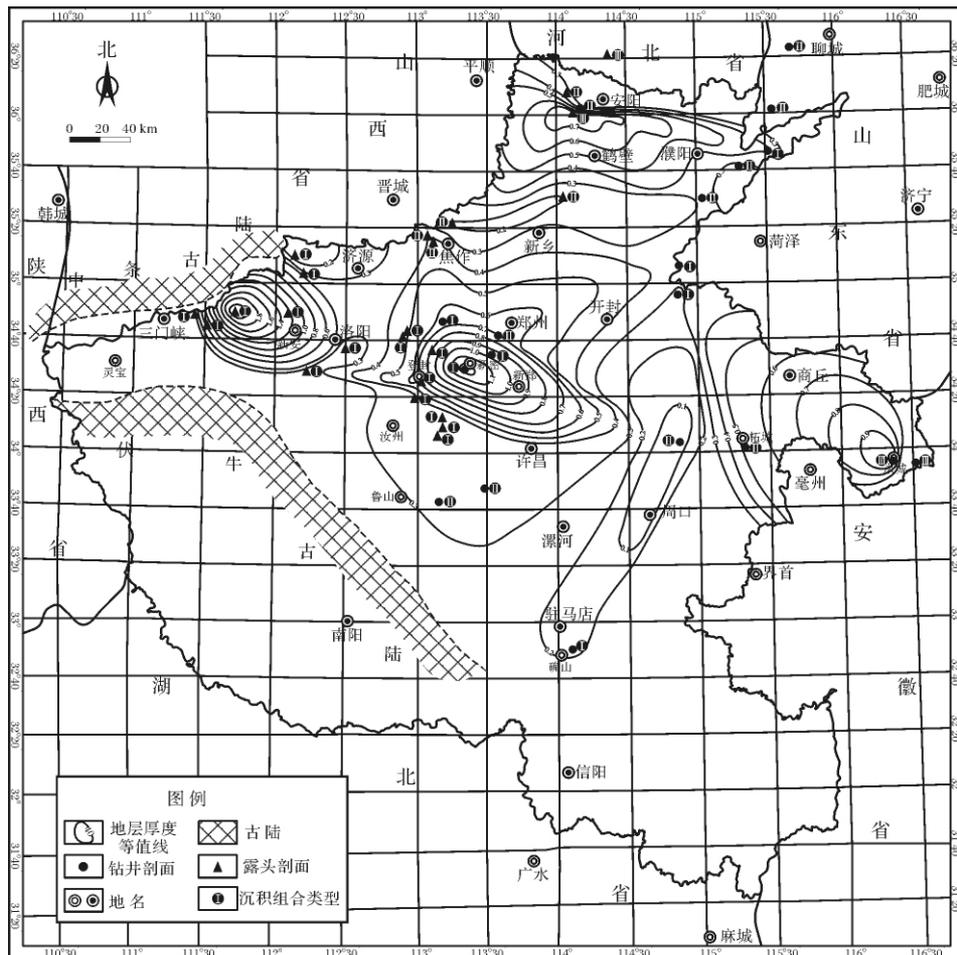


图 5 河南省太原组砂/泥比等值线图

Fig.5 Isoline map of the ratio of sand to mudstone of the Taiyuan Formation in Henan province

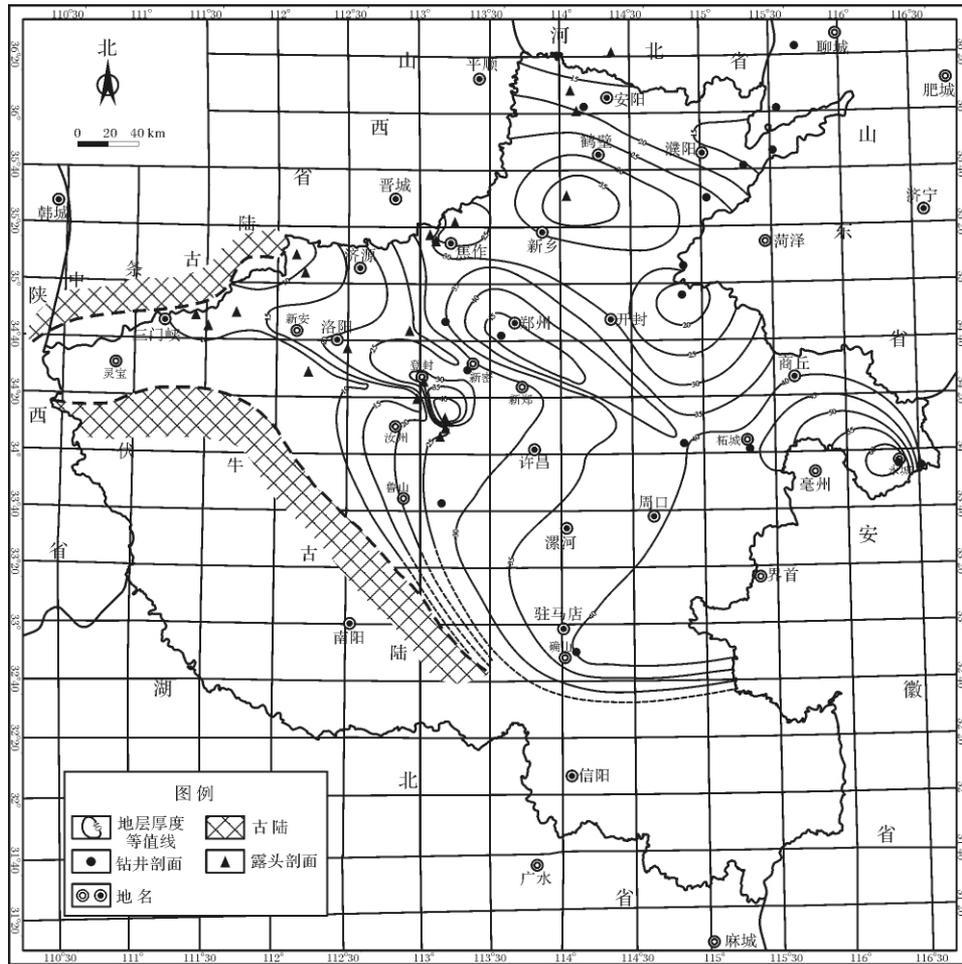


图 6 河南省太原组碳酸盐岩厚度等值线图

Fig. 6 Isoline map of thickness (m) of the carbonate rock of the Taiyuan Formation in Henan province

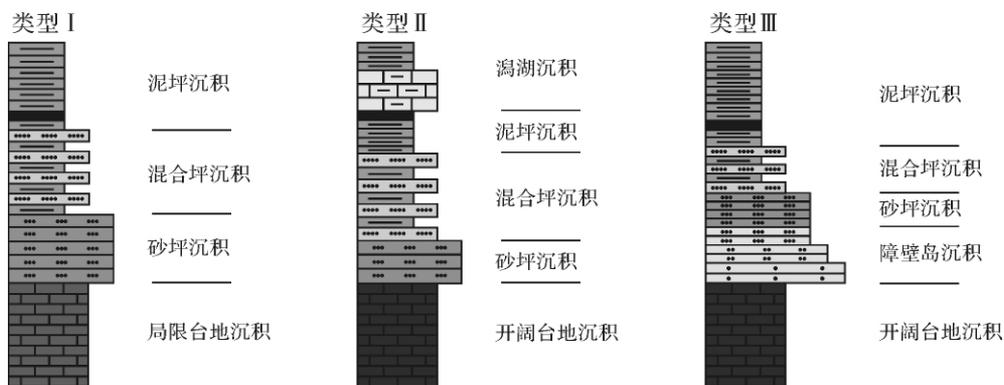


图 7 河南省太原组沉积组合类型示意图

Fig. 7 Sedimentary assemblage types of the Taiyuan Formation in Henan province

薄的趋势,也说明在这两条线以西地区近乎到古陆边缘,据此推测上述两条线以西地区厚度变为零时则为古陆剥蚀区边缘或边界,当时沉积区西缘的古陆分别为西侧的中条古陆和西南侧的伏牛古陆。

(2) 岩相区的划分及分布特征

前已述及,河南省太原组沉积区位于栾川至固始断裂以东和以北地区,通过对已知各露头 and 钻孔剖面的沉积相和多因素综合分析,区内太原组主要由局限

台地(海湾)相、开阔台地相、潟湖相、潮坪相和障壁岛(砂坝)相这五种类型组成,按照这五种相的沉积在垂向上和横向上的分布规律、砂/泥比等值线图、碳酸盐岩厚度等值线图、指相化石和沉积组合类型分析,可以在平面上划分出三种类型的岩相区(图 8)。

相区 I 为局限台地—潮坪泥晶灰岩、泥岩相区,依据以下三种沉积标志划分边界线:①靠近古陆剥蚀区以地层厚度等值线推测为零的界线;②由沉积组合类型为 I 的各剖面点勾出边界线,也就是说该相区内各剖面点主要为海湾(局限台地)相和潮坪相沉积;③该相区的分布范围位于地层厚度小于 70 m 的等值线以内。在该相区范围内各种沉积标志反映出海湾(局限台地)相和潮坪相沉积的特点,由沉积组合类型 I 构成,其主要沉积特征为:①具有含较丰富海相动物化石和少量植物化石;②岩性主要为泥晶灰岩、

薄—中厚层状的砂岩、薄层状泥岩和粉砂岩泥岩,夹有煤线或薄煤层。该相区分布于豫西济源—新密—许昌—平顶山—驻马店—线以西地区,沿着古陆边缘延展。

相区 II 为开阔台地—潮坪—潟湖灰岩、碎屑岩相区,依据两种沉积标志划分边界线:①由沉积组合类型为 II 的各剖面点勾出边界线,也就是说该相区内各剖面点主要由开阔台地、潮坪和潟湖相沉积组成;②砂/泥比值 < 0.5 等值线的地区。在该相区范围内各种沉积标志反映出开阔台地、潮坪和潟湖相沉积的特点,由沉积组合类型 II 构成,其主要沉积特征为:①既具有丰富正常盐度的海相动物化石,如纺锤虫、腕足类、珊瑚、苔藓虫、牙形石、海百合茎等化石,也有少量非正常盐度的动物化石和植物化石;②岩性主要为生物屑灰岩、泥灰岩、薄层状泥岩和粉砂质泥岩,夹有煤

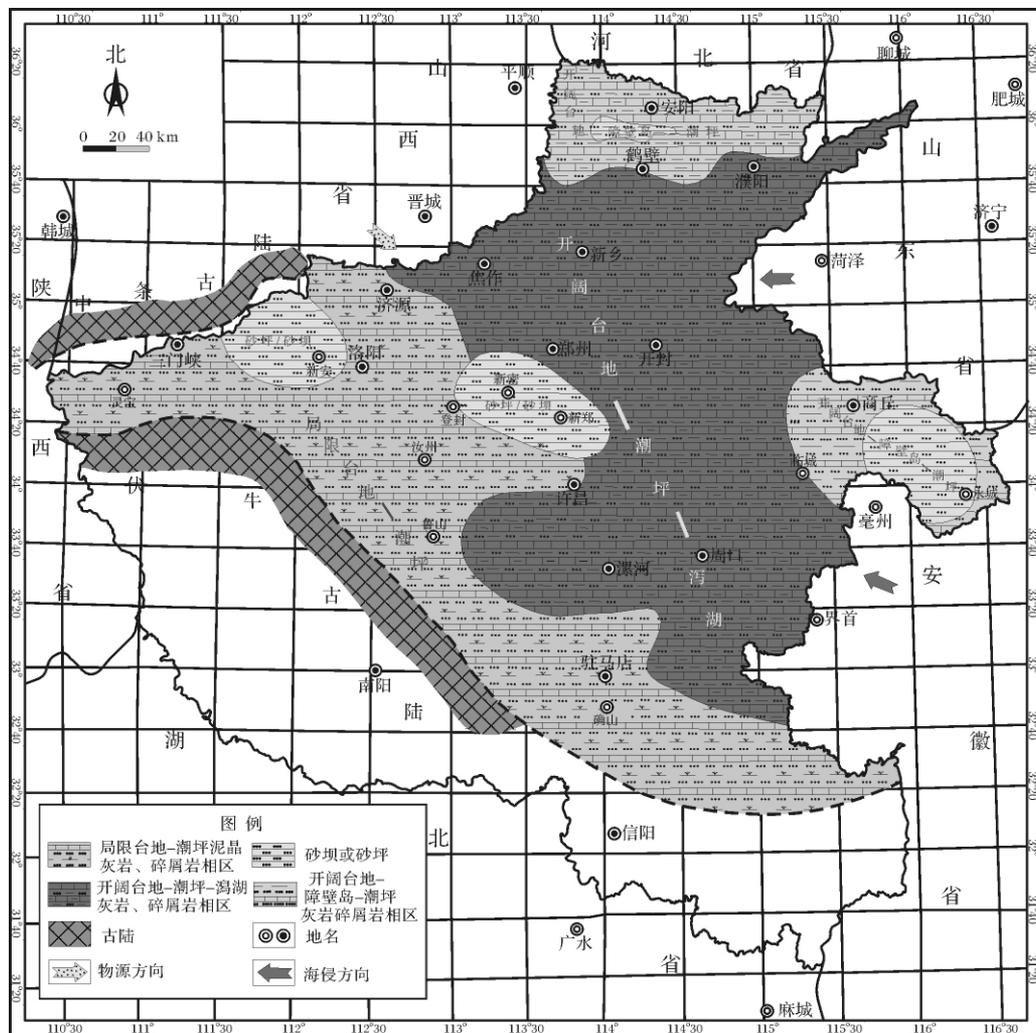


图 8 河南省早二叠世(太原组沉积期)岩相古地理图

Fig. 8 The lithofacies paleogeographic map of the Early Permian (sedimentary period of the Taiyuan Formation) in Henan Province

线或薄煤层,仅局部含有少量中—厚层状细砂岩。该相区分布于豫西济源—新密—许昌—平顶山—驻马店一线以东地区,位于相区 I 和相区 III 之间,分布范围广大。

相区 III 为开阔台地—障壁岛—潮坪灰岩、碎屑岩相区,依据砂/泥比值 >0.5 的等值线划出边界线,并且包含有沉积组合类型 III 的地区。在该相区范围内,各种沉积标志反映出开阔台地相、障壁岛相和潮坪相沉积的特点,主要由沉积组合类型 III 构成,局部可出现沉积组合类型 II 的沉积,其沉积特征与相区 II 相比,主要差别表现在有较大范围的障壁岛相粗—细粒砂岩沉积。该相区主要分布在豫北的鹤壁—安阳—濮阳一带和豫东的柘城—商丘—永城一带,分布区域范围相对较小。

4.3 岩相古地理(沉积期)特征

进入早二叠世太原期,海陆分布发生了新的变化,随着海平面的上升,河南境内的华北古陆海域范围大大向南、向西扩展,海岸线向西、向南推进至灵宝—洛宁—嵩县—鲁山—确山一线以西地区,该线以南和以西为当时的古陆剥蚀区(伏牛古陆和中条古陆),以北和以东地区为沉积区。沉积盆地总体地势表现为西部和西南部较高、东北部和东南部较低且中部(开封—兰考—长垣—封丘一带)有一较大水下隆起区的古地理格局(图 8)。海侵从东和北东方向入侵河南,并可推测当时物源主要来自盆地西侧的古陆剥蚀区。在豫中郑州附近、豫东柘城至永城一带和豫东北鹤壁—安阳—濮阳一带为三个较大沉积厚度区。

总的来说,早二叠世太原期古地理轮廓基本继承了本溪期的特点,该时期仍为受限陆表海沉积背景。其沉积古地理特点主要表现在以下几个方面:①海侵范围扩大,海陆边界已向南、向西扩至灵宝—洛宁—嵩县—方城—确山一线以西地区;②本溪期原存在于盆地内部的一些岛屿和高地大多被海水淹没,转为水下高地;③海水自东和北东两个方向侵入,并自北西向东南方向退去。④海水进退频繁,形成了浅海灰岩与滨岸潮坪含煤碎屑岩多次交互出现的沉积,局部地区形成具有工业价值的可采煤层。

5 结论

本次研究工作在进行大量野外地质剖面考察、室内测试分析和图件绘制的基础上,取得了以下几点认识及成果。

(1) 河南省早二叠世太原组沉积区位于华北盆

地南部北秦岭褶皱带栾川—固始深断裂以北地区,当时的沉积盆地受华北地块西隆东倾的构造古地理控制,主要为陆表海沉积环境,区内发育了一套以碳酸盐岩为主夹碎屑岩和煤为特色的陆表海沉积。

(2) 对研究区典型地质剖面进行了沉积特征、沉积类型和沉积相分析,划分出 12 种沉积类型、3 种沉积组合类型和 5 种沉积相(潮坪相、潟湖相、障壁岛或砂坝相、局限台地相和开阔台地相)。

(3) 采用冯增昭教授倡导的单因素分析法、多因素综合编制岩相古地理图的方法及原则,绘制了地层厚度、碳酸盐岩厚度和砂/泥比等值线图和沉积类型分布图,在此基础上,结合指相化石、遗迹化石和沉积组合类型的分布特征,编制了河南省太原组沉积期的岩相古地理图,划分出 3 种岩相区,包括局限台地—潮坪泥晶灰岩、泥岩相区、开阔台地—潮坪—潟湖灰岩、碎屑岩相区和开阔台地—障壁岛—潮坪灰岩、碎屑岩相区。

(4) 太原组沉积期的古地理特征表现为:豫西为伏牛古陆,三门峡至济源一线以北为中条古陆,古地势呈现为北西高、南东低,西陡东缓,最大沉积厚度区位于东北部及东部的特点;本溪期原存在于盆地内部的一些岛屿和高地大多被海水淹没,转为水下高地;海水自东和北东两个方向侵入,并自北西向南东方向退去。由于沉积区域内地形比较平缓,海水进退频繁,形成了一套受限陆表海的碳酸盐岩与滨岸潮坪含煤碎屑岩多次交互出现的沉积,在河南省境内滨海平原上的泥炭坪大面积发育,许多地区形成了具有工业价值的可采煤层。

值得提出的是,太原组沉积期盆地西缘和西南缘的边界问题,由于栾川至固始深断裂的出现,实际上现在采用的编图边界不是原始沉积盆地边界,恢复原型盆地的沉积边界还有待今后做进一步深入细致的研究工作。

参考文献(References)

- 1 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: 96-112 [Yang Qi. Sedimentary Environment and Coal-Accumulating Characteristics of the Late Paleozoic Coal Series of Yu Xian, Henan [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1987: 96-112]
- 2 李宝芳,李祯,付泽明,等. 华北南部晚古生代陆表海的沉积充填、聚煤特征和构造演化[J]. 地球科学,1989, 14(4): 367-378 [Li Baofang, Li Zhen, Fu Zeming, et al. The depositional filling, coal accumulation characteristics and tectonic evolution of the late Paleozoic

- Epiric Sea in the South of North China [J]. *Earth Science-Journal of China University of Geosciences*, 1989, 14(4): 367-378]
- 3 张海清,李进化,席运宏,等. 河南省地层古生物研究-晚古生代(华北型) [M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2008: 31-43 [Zhang Haiqing, Li Jinhua, Xi Yunhong, *et al.* Stratigraphic and Paleontologic Research of Henan Province-the Late Paleozoic (Pattern of North China) [M]. Zhengzhou: Yellow River Conservancy Press, 2008: 31-43]
 - 4 郭熙年,唐仲林,李万程,等. 河南省晚古生代聚煤规律[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991: 76-85 [Guo Xnian, Tang Zhonglin, Li Wancheng, *et al.* Late Palaeozoic Coal-accumulating Laws in Henan Province [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1991: 96-112]
 - 5 陈世悦. 华北晚古生代层序地层与聚煤规律[M]. 山东: 石油大学出版社, 2000: 8-12 [Chen Shiyue. Late Paleozoic Sequence Stratigraphy and Coal-accumulating Laws in North China Region [M]. Shandong: China University of Petroleum Press, 2000: 8-12]
 - 6 杨关秀,等. 中国豫西二叠纪华夏植物群—禹州植物群[M]. 北京: 地质出版社, 2006: 51-52 [Yang Guanxiu, *et al.* The Permian Cathaysian Flora in Western Henan Province, China—Yuzhou Flora [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006: 51-52]
 - 7 王志浩,张文生. 河南禹县太原组上部牙形刺的发现[J]. 地层学杂志, 1985, 9(3): 228-230 [Wang Zhihao, Zhang Wensheng. Conodont discovery of the upper Taiyuan Formation from Yu Xian, Henan [J]. *Journal of Stratigraphy*, 1985, 9(3): 228-230]
 - 8 裴放. 河南省华北型石炭纪—二叠纪地层多重划分与对比[J]. 河南地质, 1998, 16(4): 273-280 [Pei Fang. North China Type Permo-Carboniferous multiple stratigraphic division and correlation in Henan Province [J]. *Henan Geology*, 1998, 16(4): 273-280]
 - 9 夏国英,丁蕴杰. 河南石炭—二叠纪笔及珊瑚[M]. 中国地质科学院天津地质矿产研究所所刊, 1987, 18: 119-142 [Xia Guoying, Ding Yunjie. The Permo-Carboniferous Fusulinida and Coral of Henan Province [M]. Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources of Chinese Academy of Geological Sciences, Special Issue, 1987, 18: 119-142]
 - 10 梁湘源. 河南荥阳—巩县地区太原组生物带[J]. 地层学杂志, 1994, 18(3): 189-195 [Liang Xiangyuan. Biozone from the Taiyuan Formation of Xingyang and Gongxian of area, Henan [J]. *Journal of Stratigraphy*, 1994, 18(3): 189-195]
 - 11 裴放. 河南省华北型石炭纪—二叠纪蜓和牙形石生物地层[J]. 地层学杂志, 2004, 28(4): 344-353 [Pei Fang. The North China Type Permo-Carboniferous Fusulinid and conodont biostratigraphic units of Henan Province [J]. *Journal of Stratigraphy*, 2004, 28(4): 344-353]
 - 12 裴放. 河南禹州与山西太原石炭—二叠纪多重地层划分与对比[J]. 中国区域地质, 1999, 18(2): 132-139, 147 [Pei Fang. Multiple stratigraphic division and correlation of the Permo-Carboniferous of Yuzhou of Henan and Taiyuan of Shanxi [J]. *Regional Geology of China*, 1999, 18(2): 132-139, 147]
 - 13 潘泽成. 河南省华北台型石炭系岩石地层若干特征概述[J]. 河南地质, 1987, 5(2): 27-38 [Pan Zecheng. Summary of several characteristics on Carboniferous rocky stratigraphy of north China platform type in Henan Province [J]. *Henan Geology*, 1987, 5(2): 27-38]
 - 14 范炳恒,何锡麟,沈树忠. 华北地台晚古生代腕足动物群研究[J]. 中国矿业大学学报, 1997, 26(2): 89-94 [Fan Bingheng, He Xilin, Shen Shuzhong. Research on the Late Paleozoic Brachiopod fauna in north China platform [J]. *Journal of China University of Mining & Technology*, 1997, 26(2): 89-94]
 - 15 郑洪. 河南禹县晚古生代小有孔虫动物群[J]. 微体古生物学报, 1987, 4(2): 217-224 [Zheng Hong. Late Palaeozoic small foraminiferal fauna from Yuxian, Henan [J]. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 1987, 4(2): 217-224]
 - 16 吴贤涛,胡斌,王观忠. 豫西焦作地区上石炭统浅海碳酸盐岩中的风暴沉积[J]. 沉积学报, 1987, 5(4): 1-14 [Wu Xiantao, Hu Bin, Wang Guanzhong, *et al.* Storm deposits in upper Carboniferous shallow marine carbonates of Jiaozuo, Henan [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1987, 5(4): 1-14]
 - 17 胡斌,周方,宋慧波. 河南焦作地区下二叠统太原组遗迹化石及其沉积环境[J]. 古地理论, 2010, 12(3): 577-588 [Hu Bin, Zhou Fang, Song Huibo. Ichnofossils and their sedimentary environments in the lower Permian Taiyuan Formation in Jiaozuo Area, Henan Province [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2010, 12(3): 577-588]

Characteristics of Lithofacies Paleogeography of the Taiyuan Formation Sedimentary Period, Henan Province

SONG Hui-bo HU Bin ZHANG Lu LIU Shun-xi NIU Yong-bin

(Institute of Resources and Environment, Henan Polytechnic University, Key Laboratory of Biogenic Traces & Sedimentary Minerals of Henan Province, Jiaozuo, Henan 454003)

Abstract The sedimentary area of the Early Permian Taiyuan Formation in Henan Province is located in the south of north China basin and to the north of Luanchuan-Gushi deep fault in the North Qingling fold belt, at that time, this sedimentary basin was controlled by the tectono-paleogeographic features of the west uplift in the North China platform block. The Taiyuan Formation was a part of deposits of the North-China epicontinental sea or carbonate platform in the

Late Paleozoic , and developed a set of deposits of the epicontinental sea characterized by the carbonate rocks intercalated some clastic rocks and coal. This section is mainly composed of gray , dark gray , thin-medium bedded bioclastic limestones , intercalated with thin-medium bedded mudstone , micritic limestone , fine sandstone , siltstones and thin coals , locally appeared light gray thick bedded moderate-fine grained sandstone , coarse sandstone or gray-white quartz sandstone , with very abundant body fossils , such as *fusulinids* , *conodonts* , *brachiopods* , *corals* , *crinoids* , *bivalves* and plants fossils and so on. According to the analysis of sedimentary sequence , the Taiyuan Formation can be divided into three units from bottom to top: the lower limestone unit , mainly containing 4 ~ 5 limestone layers; the middle clastic unit , dominated by sandstone and mudstone , intercalated with 1 ~ 3 layers of limestone , unstable bioclastic microcrystalline limestone; the upper limestone unit , composed of 2 ~ 3 layers of limestone , locally , 4 ~ 5 layers. Based on the isoline trend analysis including the thickness of the formation and carbonate rock and the ratio of sand to mudstone , along with the composition and distribution features of ichnofossils , facies fossils and sedimentary assemblage types , 5 sedimentary facies (tidal-flat , lagoon , barrier island or sand bar , restricted carbonate platform and open carbonate platform facies) , 12 kinds of sedimentary types , 3 sedimentary assemblage types and 3 types of lithofacies areas as the micritic limestone and mudstone lithofacies area of restricted platform-tidal flat setting , limestone and clastic lithofacies area of open platform-tidal-lagoon setting and limestone and clastic lithofacies area of open platform-barrier island-tidal flat setting can be suggested. The Lithofacies palaeogeographic characteristics of Henan province during the deposit of the Taiyuan Formation display: (1) The marine invasion is widespread and limestone of shallow sea facies is almost throughout the whole sedimentary region; (2) Sealine extended eastward and southward to Lingbao-Luoning-Songxian-Fangcheng-Biyang zone; (3) Old land areas are situated the Funiu mountain to southwest of this basin and Zhongtiao Mountain to west of this basin; (4) Paleotopography shows steep in the west , gentle in the east , high relief in the northwest , and low relief in the southeast; (5) The sedimentary zone of largest thickness of this formation is in the northeast and east of this basin; (6) Seawater invasion was from the east and northeast , and regression from northwest to southeast. In the Taiyuan Formation sedimentary period , the basement terrain of this sedimentary basin was relatively gentle and sea water was frequently progressive and regressive , thereby , the interbeds of carbonate rocks of the restricted epicontinental sedimentary environment and coal-bearing clastic rock of tidal flat sedimentary setting were generated , and the larger area peat flat were developed in the coastal plain in Henan Province , and the coal layers with industrial value were formed in many parts.

Key words sedimentary facies; lithofacies paleogeography; the Taiyuan Formation; the Early Permian; Henan province