

文章编号: 0253-9985(2009)06-0697-09

鄂尔多斯盆地大牛地气田晚石炭— 早二叠世地层划分

郭书元^{1,2}, 张广权¹, 陈舒薇¹, 李 浩¹

(1 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院, 北京 100083)

(2 中国石油化工股份有限公司 华北石油局, 河南 郑州 450006)

摘要: 根据本溪组和太原组的岩性组合、沉积旋回、标志层和沉积演化史, 结合区域地质研究认为, 本溪组时代属晚石炭世本溪期, 下段为铝土质岩, 相当于区域上的铁铝岩段; 上段为砂泥岩夹薄煤层, 局部夹 1~3 层灰岩, 相当于区域上的半沟段。太原组分为 3 段, 下段为砂泥岩夹薄煤层, 相当于区域上的晋祠段, 时代属晚石炭世; 中段为主煤层、灰岩及与其相当层位的泥岩, 相当于区域上的毛儿沟段; 上段为砂岩与暗色泥岩互层夹煤层和 0~2 层灰岩, 组成两个旋回, 相当于区域上的东大窑段; 中、上段时代属早二叠世。

关键词: 上石炭统本溪组; 上石炭—下二叠统太原组; 大牛地气田; 鄂尔多斯盆地

中图分类号: TE121.3 **文献标识码:** A

Stratigraphic division of the Upper Carboniferous—Lower Permian in Daniudi gasfield, the Ordos Basin

Guo Shuyuan², Zhang Guangquan¹, Chen Shuwei¹, Li Hao¹

(1. SINOPEC Petroleum Exploration & Production Research Institute Beijing 100083 China)

(2. SINOPEC North China Petroleum Bureau Zhengzhou Henan 450006 China)

Abstract A research into the lithologic assemblage, sedimentary cycle, marker beds and sedimentary evolution of the Benxi and Taiyuan formations as well as the regional geology reveals that the Benxi Formation was formed during the Late Carboniferous Benxi age. Its lower member consists of bauxitite and is equivalent to the ferrallite interval regionally and its upper member composes of sandstone and mudstone interbedded with thin coal and 1—3 local limestone layers and regionally corresponds to the Bangou member. The Taiyuan Formation can be divided into three members. Its lower member is sandstone and mudstone with thin coal interbeds, regionally corresponds to the Jinci member and its age is the Late Carboniferous. The middle member consists of coalbed limestone and equivalent mudstone and regionally corresponds to the Maoergou member. The upper member consists of interlayering sandstone and dark mudstones with coal and 0—2 limestone interbeds and regionally corresponds to the Dayao member. The age of the upper and middle members is the early Permian.

Key words Upper Carboniferous Benxi Formation; Upper Carboniferous—Lower Permian Taiyuan Formation; Daniudi gasfield; Ordos Basin

鄂尔多斯地区在晚古生代位于华北克拉通盆地的西部, 大牛地气田位于该地区东北部陕—蒙交界处(图 1)。以前多数研究者将区内晚石炭—早

二叠世地层划分为中石炭统本溪组、上石炭统太原组及下二叠统山西组。中石炭统本溪组的岩性仅限于铝土岩。上石炭统太原组分为两段: 一段



图 1 大牛地气田位置示意图
Fig 1 Location of Danjidi gas field

下部岩石组合为泥岩,局部夹灰岩和砂岩,中部为砂泥岩,上部为主煤层;二段为灰白色砂岩与深灰、灰黑色泥岩、碳质泥岩互层,夹煤层,局部夹一层灰岩^[1~4]。由于缺乏古生物资料,根据区内该段地层岩石组合特征、标志层、沉积旋回和沉积演化,结合区域地层划分框架^[5~13],认为本溪组分 2 段:下段由铝土质岩组成,相当于区域上的铁铝岩段;上段为暗色泥岩夹砂泥岩,局部夹煤层和灰岩,相当于区域上的半沟段,时代为晚石炭世本溪期。太原组分 3 段:下段为砂岩、暗色泥岩夹煤层,相当于区域上的晋祠段,时代为晚石炭世晋祠期;中段下部为主煤层,相当于太原西山剖面上的 8#9 煤,上部为暗色灰岩(相当庙沟—毛儿沟灰岩, I_{r-3})或泥岩夹煤层;上段为砂岩、暗色泥岩互层夹煤层,局部夹 2 层深灰色灰岩(分别相当斜道和东大窑灰岩, I_4 , I_9),构成两个旋回;中、上段时代属早二叠世太原期。山西组的时代为早二叠世晚期—中二叠世早期。

1 区域地质背景

华北早古生代克拉通于晚奥陶世整体抬升后,寒武—奥陶系碳酸盐岩遭长达 110 Ma 的风化剥蚀,至晚石炭世早期近准平原化。当时华北克拉通南北缘的构造格局使之南北两侧翘升,北部

是阴山隆起,南部为秦岭—伏牛—大别—胶辽隆起,西部有杭锦旗—环县低隆起,向西隔贺兰海湾与阿拉善相望,东为大洋,呈向东敞开、西高东低的箕状盆地(图 2)。由于南侧秦—祁洋壳的俯冲削减,使板内呈现南高北低之势,并在现今北纬 $38^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 间有一东西向拗褶带^[8]。晚石炭世早期,华北克拉通随全球海平面上升,海水由东向西侵进至吉林南部辉南—和龙一线以南、辽宁东部—河北唐山—山东龙口以东和山东临沂—江苏徐州一线以东。晚石炭世本溪期(C_2),经历了两次海侵,均沿阴山隆起以南由东向西侵进至杭锦旗—环县低隆起的东缘内蒙古杭锦旗—陕西吴起—铜川一线,向北侵至内蒙古包头—北京—辽宁锦州—沈阳—辉南—和龙一带,向南侵进至铜川—河南新乡—商丘—永城—临沂一线,沉积了本溪组下段的铁铝岩和上段的半沟灰岩。晚石炭世晋祠期(C_3),板内南高北低地势趋于平缓,发生一次海侵,其范围大致与本溪期一致,沉积了太原组下段的吴家裕灰岩及同层位的灰岩和海相泥岩,该灰岩向西仅分布至鄂尔多斯地区东缘。早二叠世盆内转换为北高南低之势,海水由东南侵入了 4 次,前 3 次海侵向西漫过了杭锦旗—环县低隆起,与贺兰—祁连海相连,向北侵入至杭锦旗南—北京—沈阳—辉南—和龙一线,向南至铜川—三门峡—确山—安徽合肥以南,淹没了秦岭—伏牛—大别—胶辽隆起中东段,东南与秦岭洋相连,沉积了庙沟—毛儿沟灰岩、斜道灰岩和东大窑灰岩及与其相当层位的 3 层灰岩和海相泥岩;第四次海侵向北仅至山西保德—河北沧州一线,西至鄂尔多斯地区东部,仅在长治—沾化

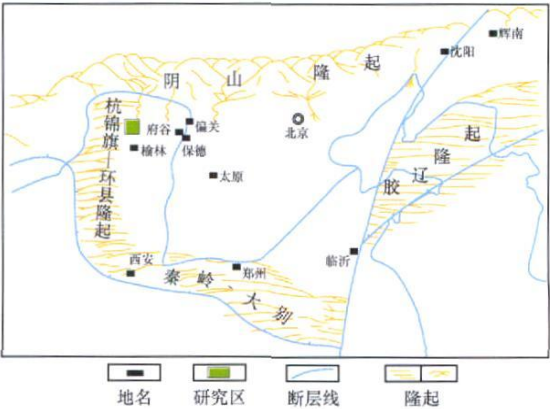


图 2 华北晚古生代克拉通盆地背景
Fig 2 Geologic setting of the Late Paleozoic craton basin in North China

一线以南沉积了灰岩, 其他地区为海相泥岩。多次海侵海退沉积了一套海陆交互相含煤混积层系^[5-10]。大牛地气田位于盆地西段北部的平原上, 海侵时处于陆表海的滨岸浅水地区, 海退时处于三角洲平原—三角洲前缘地区, 沉积了一套含煤碎屑岩—碳酸盐岩混积地层。

2 华北石炭—二叠系的划分及其界线

华北石炭—二叠系的划分在 20 世纪和全国一样, 沿用石炭系三分、二叠系二分方案, 其界线在华北划在太原组与山西组之间。20 世纪 80 年代后期, 为与国际接轨提出石炭系二分、二叠系三分方案。2000 年第三次全国地层会议决定采用石炭系二分、二叠系三分方案, 在《中国地层指南及中国地层指南说明书》(修订版)(2001)中的中国区域年代地层(地质年代)表(I)和(II)已载明^[11]。华北地区石炭—二叠系的界线应划在晋祠

阶(C_2^4)与太原阶(P_1^1)之间。根据《中国区域年代地层(地质年代)表说明书》^[12]及《中国地层典·石炭系》^[13], 华北区中区(北纬 $35^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 之间)^[9]石炭—二叠系界应线划在太原组晋祠段与毛儿沟段之间。

3 地层划分与对比

由于本区在石炭—二叠纪位于华北克拉通盆地的西部, 其沉积演化和地层划分应与区域一致, 与当时同处华北中区的山西太原大致在同一沉积相带, 其地层划分应具有可比性。

3.1 区域地层划分

华北晚古生代克拉通盆地的地层划分, 中区以山西太原西山上古生界剖面为典型剖面^[12]。晚石炭—早二叠世地层划分为本溪组 and 太原组, 上覆中、下二叠统山西组(图 3)。

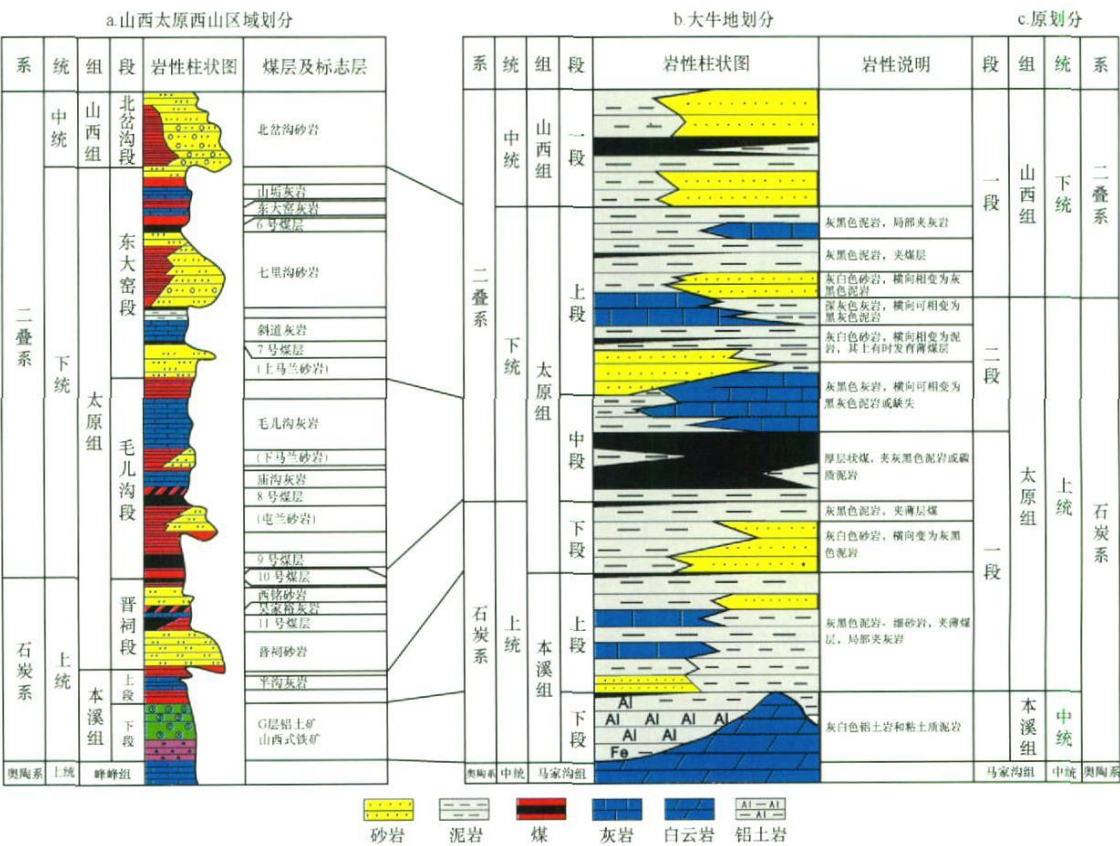


图 3 大牛地气田 (b)与山西太原西山 (a)晚石炭—早二叠世地层划分和对比

Fig 3 Division and correlation of the Upper Carboniferous–Lower Permian between Danjudi gas field (b) and Xishan of Taiyuan, Shaanxi Province (a)

上石炭统本溪组 (C_2b)分为上、下两段:下段称铁铝岩段,下部为透镜状山西式铁矿,上部为铝土质岩;上段称半沟段,为暗色碎屑岩夹煤层和 3~4 层灰岩(半沟灰岩),灰岩中含晚石炭世本溪期 (C_2)动物化石 *Fusulina*—*Fusulinella*带、牙形类 *Iddiongnathodus delicatus*—*I. magnificus*组合带和珊瑚、腕足类、瓣鳃类、腹足类、介形类等。

上石炭—下二叠统太原组 (C_2-P_1)分三段。下段为晋祠段,下部为砂岩(晋祠砂岩),上部为泥岩、粉砂岩夹薄煤层和灰岩(吴家峪灰岩),含晚石炭世晋祠期 (C_2)动物化石 *Triticites*—*Montpens*带、牙形类 *Neognathodus bassleri*—*Streptognathodus elegantulus*组合带和珊瑚、腕足类、瓣鳃类、腹足类、介形类等。中段为毛儿沟段,下部为两层厚煤层(8# 9 煤)夹砂岩和泥岩,中、上部为两层生屑泥晶灰岩 (I_1, I_{2+3} , 庙沟灰岩和毛儿沟灰岩,区域上可合并为一层)和暗色泥岩,夹薄煤层。上段为东大窑段,底部为上马兰砂岩、暗色泥岩,向上为斜道灰岩、暗色泥岩,上部为七里沟砂岩、暗色泥岩、东大窑灰岩、暗色泥岩,夹煤层(5# 6# 7 煤),其上以北岔沟砂岩之底与山西组分界;中上段灰岩含早二叠世动物化石 *Pseudoschwagerina*带、牙形类 *Streptognathodus elegantulus*—*S. elongatus*组合带和珊瑚、腕足类、瓣鳃类、腹足类、介形类等。

3.2 大牛地气田晚石炭—早二叠世地层划分和岩性展布特征

根据区内晚石炭—早二叠世地层岩性特征,

沉积旋回、标志层和沉积演化,结合区域沉积演化和地层划分的框架,将其划分为本溪组和太原组(图 3)。

上石炭统本溪组 (C_2b) 总厚 7~37 m 分两段。下段岩性为灰、深灰色铝土质岩、粘土岩,底部含铁质结核,平行不整合于中奥陶统碳酸盐岩之上,其展布如图 4a 顶部时有薄煤层,下段厚约 0~21 m。上段岩性为深灰、灰黑色泥岩,夹砂岩、薄煤层和 0~3 层灰岩或泥灰岩(厚 0~8 m),灰岩展布如图 4b 上段厚约 0~21 m。

上石炭—下二叠统太原组 (C_2-P_1) 总厚 40~75 m 分三段。下段下部为灰白色砂岩,横向相变为泥岩或超失,砂岩在东部大致呈南北和北北东向条带状展布,西部呈成无定形、无定向展布;上部为灰黑、黑灰色泥岩、粉砂岩夹薄层煤,粉砂岩发育压扁层理、脉状层理和透镜状层理,下段厚约 0~22 m。中段下部为厚层状煤层,有时夹泥岩,全区分布,厚 10 m 左右,最厚可达 17 m,仅东部北北东向砂岩分布区厚度小于 5 m;上部为灰黑色泥晶灰岩、含生屑泥晶灰岩、泥质灰岩(区内称下灰岩,厚 0~12 m),为主煤层直接盖层,仅分布于西南部(图 5a),其他地区相变为黑灰色泥岩夹砂岩或缺失,中段厚约 15~32 m。上段下部为灰白色砂岩(下砂岩),横向可相变为深灰、灰黑色泥岩,其上有有时发育薄煤层,砂岩在东部呈北北东向条带状展布,西部呈成无定形、无定向展布(图 5b);中部为深灰色泥晶灰岩、生屑泥晶灰岩(称上灰岩,厚 0~5 m)主要分布于南部,图 5c,横向可

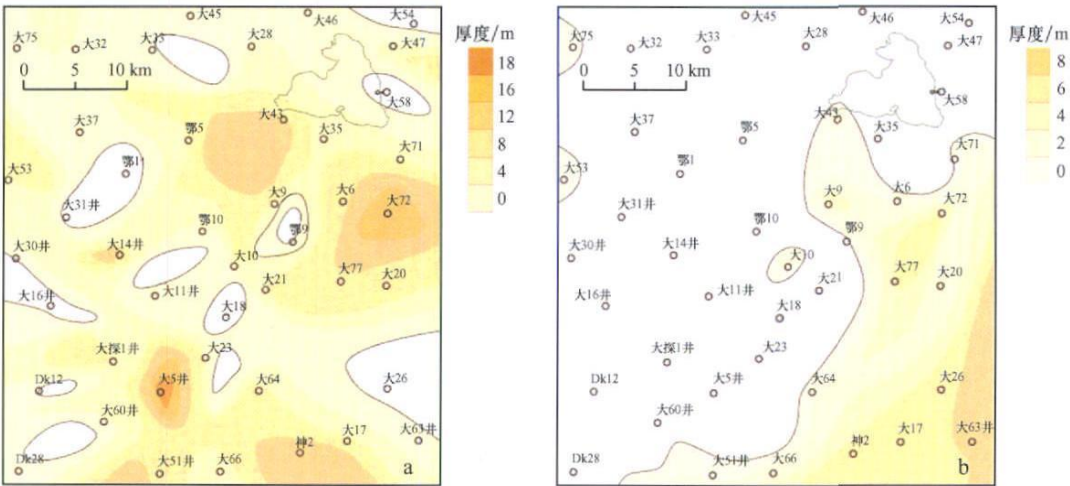


图 4 大牛地气田本溪组下段 (a)、上段灰岩 (b) 分布

Fig. 4 Distribution of limestone in the lower (a) and upper (b) members of the Benxi Formation in Danudi gas field

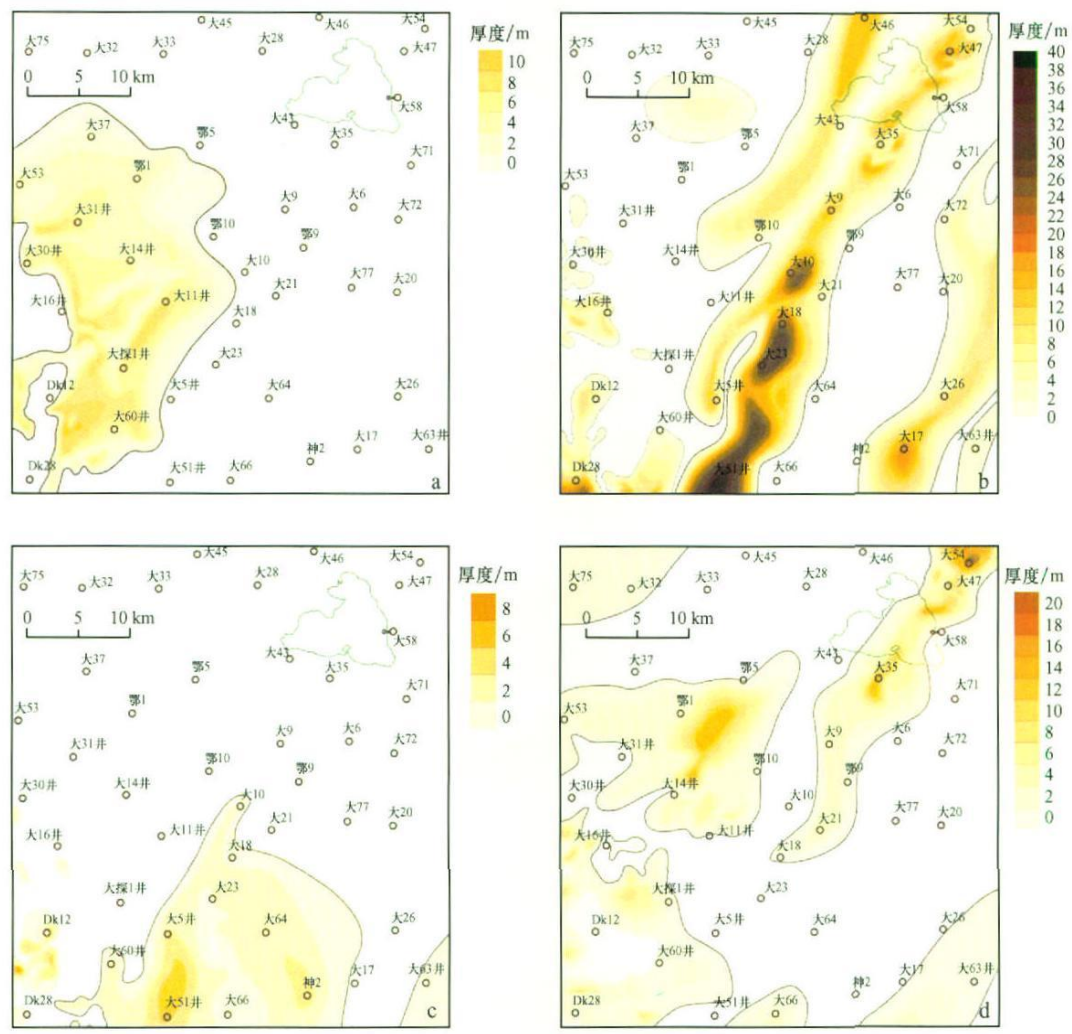


图 5 大牛地气田太原组中段下灰岩 (a)及上段下砂岩 (b)、上灰岩 (c)和上砂岩 (d)分布
Fig 5 Distribution of the lower limestone interval of the middle member (a) and the lower sandstone interval (b), the upper limestone interval (c) and the upper sandstone interval (d) the upper member of the Taiyuan Formation in Danjidi gasfield

相变为黑灰、黑色泥岩夹砂岩, 其上有时发育薄煤层; 上部为砂岩 (上砂岩), 横向可相变为灰黑色泥岩夹粉细砂岩, 泥岩含舌形贝及海扇类化石, 砂岩在东部呈北北东向条带状展布, 其他地区呈成无定形、无定向展布 (图 5 d); 顶部为灰黑色泥岩夹一层灰岩 (厚 0~3 m, 称顶灰岩, 仅分布于西南缘和南缘), 上段厚约 15~25 m。

太原组北东向展布砂岩的结构和成分成熟度向南变好、粒度变细, 东北部为中、粗粒岩屑石英砂岩, 南部为中细粒石英砂岩。普遍含下伏地层的粒屑 (泥岩砾、煤屑), 有时夹粒屑结构的薄煤层透镜体。底部含砾, 正粒序, 发育板状交错层理、槽状交错层理、平行层理和粒序层理, 底部发育冲刷面, 系分流河道沉积。西部无定形、无

定向展布的砂岩结构和成分成熟度横向无变化, 颗粒成分以石英为主, 正粒序, 发育双向交错层理; 粉砂岩发育压扁层理、脉状层理和透镜状层理, 系潮汐沙滩沉积。由上述地层展布特征可知, 大致北部地区岩性结构为砂泥岩互层夹煤层, 南部地区岩性结构为含煤砂泥岩互层夹灰岩的混积岩系。

3.3 与原地层划分的对比

与原地层划分对比如图 3 其不同在于:

1) 采用了石炭纪二分、二叠纪三分方案, 将大牛地气田晚石炭世—早二叠世地层划分为本溪组, 分为下、上段, 时代为晚石炭世本溪期; 太原组, 分为下、中、上段, 下段时代为晚石炭世晋

祠期,中、上段为早二叠世太原期;山西组的时代为早二叠世晚期—中二叠世早期。石炭系与二叠系的界线划在太原组中段下部主煤层之底。原划分采用石炭纪三分、二叠纪二分方案,将其划分为中石炭世本溪组、仅限于铝土质岩;晚石炭世太原组分为一、二段;山西组的时代为早二叠世;石炭系与二叠系的界线划在太原组与山西组之间。

2) 将太原组的底界上提至原划分太原组一段中部砂岩(相当于晋祠砂岩)之底,其下的灰岩相当于半沟灰岩,划为本溪组上段;主煤层划太原组为中段下部,中、上段局部夹 1~3 层灰岩;该组的顶界划在顶灰岩或与其相当层位的泥岩之顶。原划分太原组一段包含了半沟灰岩,主煤层划为一段上部,二段局部夹一层灰岩,将下、上两层灰岩对比为一层灰岩;山西组的底界划在太原组上段的上砂岩之底。

3.4 地层对比

3.4.1 对比标志

地层对比通常用生物地层、标志层和沉积旋回等方法,由于研究区缺乏生物地层资料,采用了标志层和沉积旋回对比法。

1) 标志层

奥陶系风化壳以上本溪组下段的铁铝质岩系碳酸盐岩风化残积物在浅海水(数米)作用下地化分凝作用的产物^[6],其他各层灰岩及其同层位的海相泥岩均代表了一次海侵事件。由于当时的华北海为典型的陆表海,海侵具有突发性和事件性,海侵层具有准等时性。而太原组中段的主煤层(8 和 9 煤)为构造相对稳定阶段,地形平缓、陆源碎屑极端弱化、平衡的水文条件和湿热的气候环境下盆控型森林沼泽产物,其底板泥岩为根土岩。因此,上述铁铝质岩、半沟灰岩、吴家裕灰岩、庙沟—毛儿沟灰岩、斜道灰岩、东大窑灰岩和主煤层分布广泛而稳定,可作为等时地层划分对比的区域标志层。在海退或海进时的泥炭坪和滨岸平原泥炭沼泽形成的煤层和海退时三角洲的分流河道砂体,它们虽具有准等时性,但分布局限,如本溪组下段的顶煤层、太原组下段的晋祠砂岩和 11 煤、10 煤、太原组上段的 7 煤、6 煤和 5 煤、上马兰砂岩和七里沟砂岩等,可作为局部标志层(图 3)。

2) 沉积旋回

华北盆地中部地区晚石炭世本溪期—早二叠世太原期的前 6 次海侵、海退形成的 6 个沉积旋回,其中本溪组由 2 次海侵形成的 2 个沉积旋回组成,太原组由 4 次海侵形成的 4 个沉积旋回组成,是可靠的区域对比依据。

3.4.2 标志层对比

前述本溪组和太原组的 7 个区域标志层和 9 个局部标志层,除太原组的吴家裕灰岩未覆盖本区外,其他各煤层、灰岩和砂岩研究区均有分布。

根据标志层对比结合沉积演化,本区本溪组和太原组完全可与区域对比,与太原西山典型剖面可直接对比。本溪组下段铝土质岩相当于后者的本溪组下段的铁铝岩段,同为初次海侵之产物;上段的 1~3 层灰岩相当于半沟灰岩(大同又称口泉灰岩、保德又称张家沟灰岩)而非吴家峪灰岩,因后者太原组吴家峪灰岩是主煤层的近距离下伏地层,灰岩之下是晋祠砂岩,而本区主煤层近距离下伏地层是泥岩,泥岩之下是砂岩(相当晋祠砂岩);砂岩之下的灰岩应相当于半沟灰岩。本区太原组中段主煤层是分布广泛的盆控型森林沼泽产物,与后者太原组毛儿沟段下部的 8 煤和 9 煤、晋北大同煤田和宁武煤田的 9 煤、河东煤田的太原组主煤层^[2,3]和神府、准格尔煤田太原组主煤层均可对比。主煤层之上的下灰岩与后者的庙沟—毛儿沟灰岩为同期海侵产物,上段的上灰岩和顶灰岩分别与后者的斜道灰岩和东大窑灰岩为同期海侵产物。太原组下段的砂岩和上段的下砂岩、上砂岩分别相当后者的于晋祠砂岩、下马兰砂岩和七里沟砂岩。研究区北部本溪组和太原组因无灰岩沉积,地层岩性结构与后者差别较大,但根据区域标志层铝土质岩和主煤层、辅助标志层太原组下段底砂岩、薄煤层、中、上段下砂岩、上砂岩,分别与后者本溪组和太原组的铝土质岩、晋祠砂岩、8 煤和 9 煤、下马兰砂岩、七里沟砂岩对比。

3.4.3 沉积旋回层序对比

区域上的 7 次海侵中,前 6 次均覆盖鄂尔多斯北部,构成了 6 个海水进退旋回层序,研究区完全可与区域上山西太原西山典型剖面对比。本溪组的 2 次海水进退形成的 2 个沉积旋回、太原组

的 4 次海水进退形成的 4 个沉积旋回, 各与山西太原西山典型剖面本溪组和太原组的各沉积旋回相当 (图 3)。

研究区北部本溪组和太原组虽无灰岩沉积, 但其岩性结构组成 6 个沉积旋回, 与本区南部的 6 个沉积旋回和山西太原西山本溪组和太原组的各沉积旋回相当 (图 6—图 9), 亦相当于太原西山本溪组的 2 个沉积旋回、太原组的 4 个沉积旋回。

图 6 所示为本区南北向基干剖面, 本溪组在

南部发育一层灰岩, 中北部无灰岩沉积。太原组在南部发育上灰岩和顶灰岩, 中部发育上灰岩, 北部无灰岩沉积。图 7 所示为本区西部南北向剖面, 本溪组无灰岩沉积; 太原组在中南部发育下灰岩和上顶灰岩, 中部仅发育下灰岩, 北部无灰岩沉积。图 8 所示为南部的东西向剖面, 本溪组在西部无灰岩沉积, 中东部发育 1~2 层灰岩。太原组在西部发育下灰岩, 中东部发育上灰岩, 局部无灰岩沉积。图 9 所示为北部东西向剖面, 本溪组和太原组均无灰岩沉积。

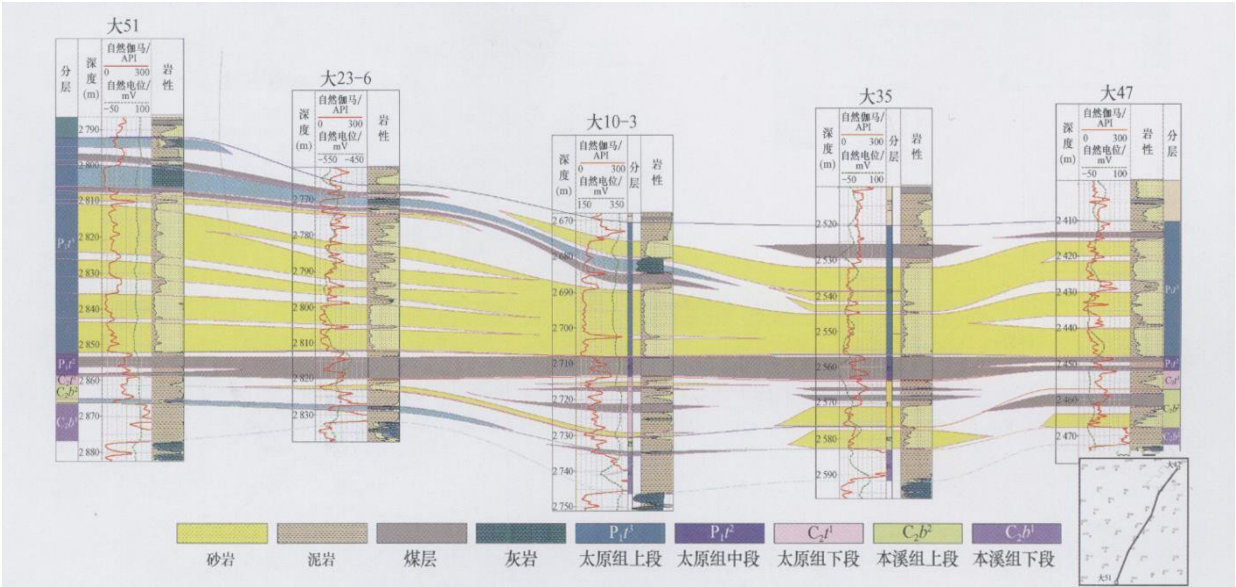


图 6 大 51—大 47 井本溪组—太原组连井剖面

Fig. 6 Well-tie section from D51 to D47 wells showing the Benxi and Taiyuan formations

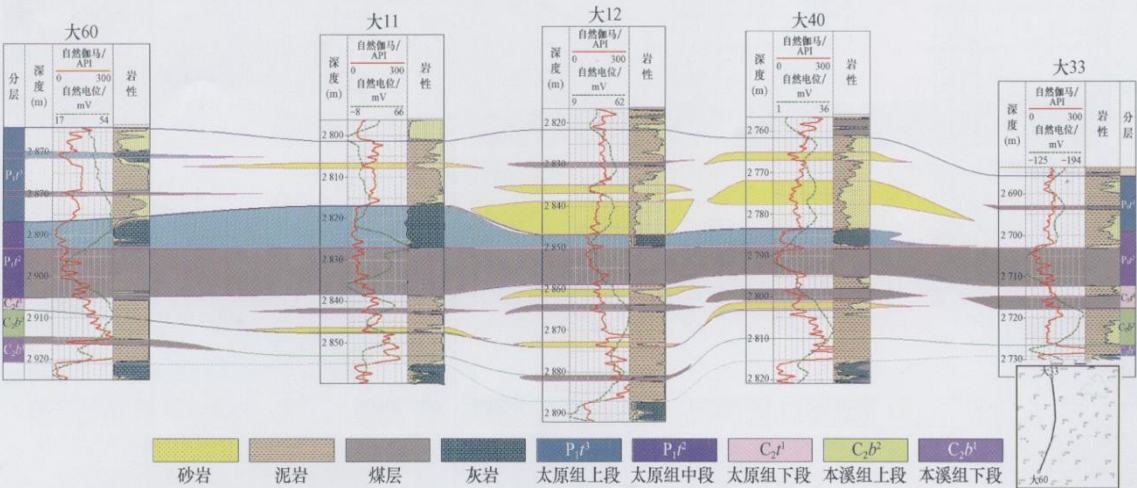


图 7 大 60—大 33 井本溪组—太原组连井剖面

Fig. 7 Well-tie section from D60 to D33 wells showing the Benxi and Taiyuan formations

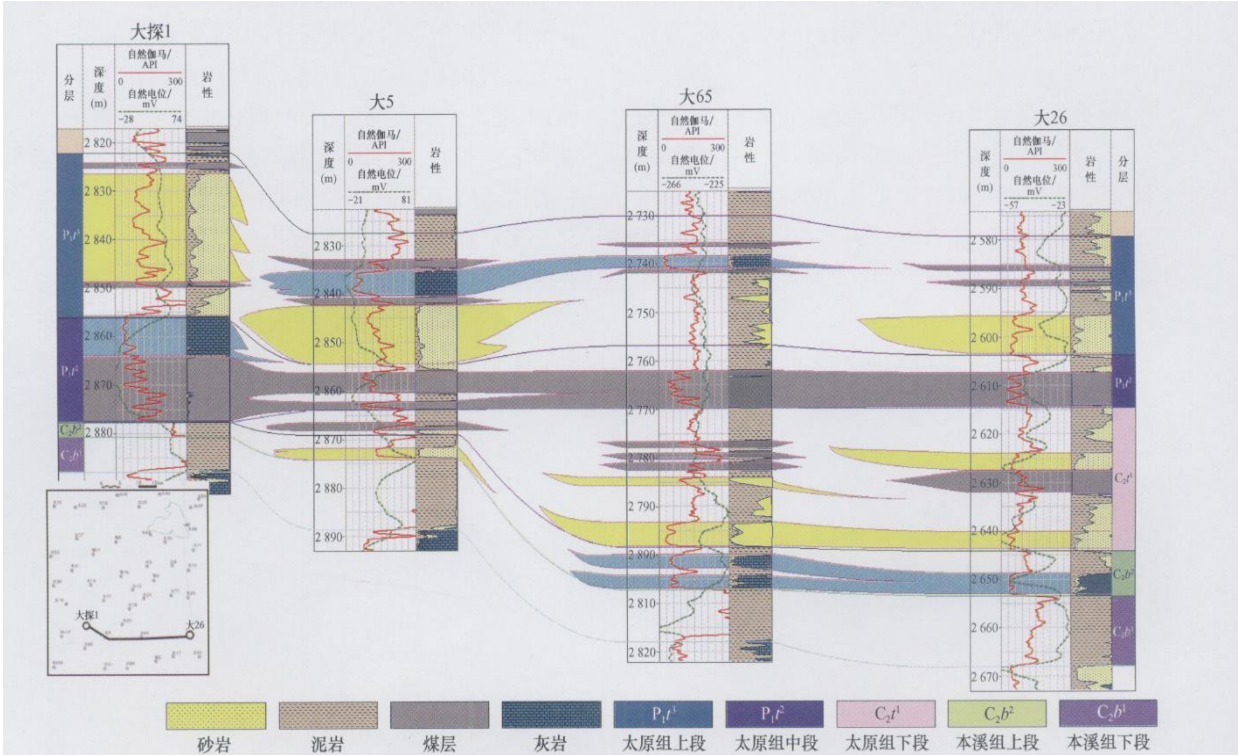


图 8 大探 1—大 26 井本溪组-太原组连井剖面

Fig. 8 Well-tie section from D1 to D26 wells showing the Benxi and Taiyuan formations

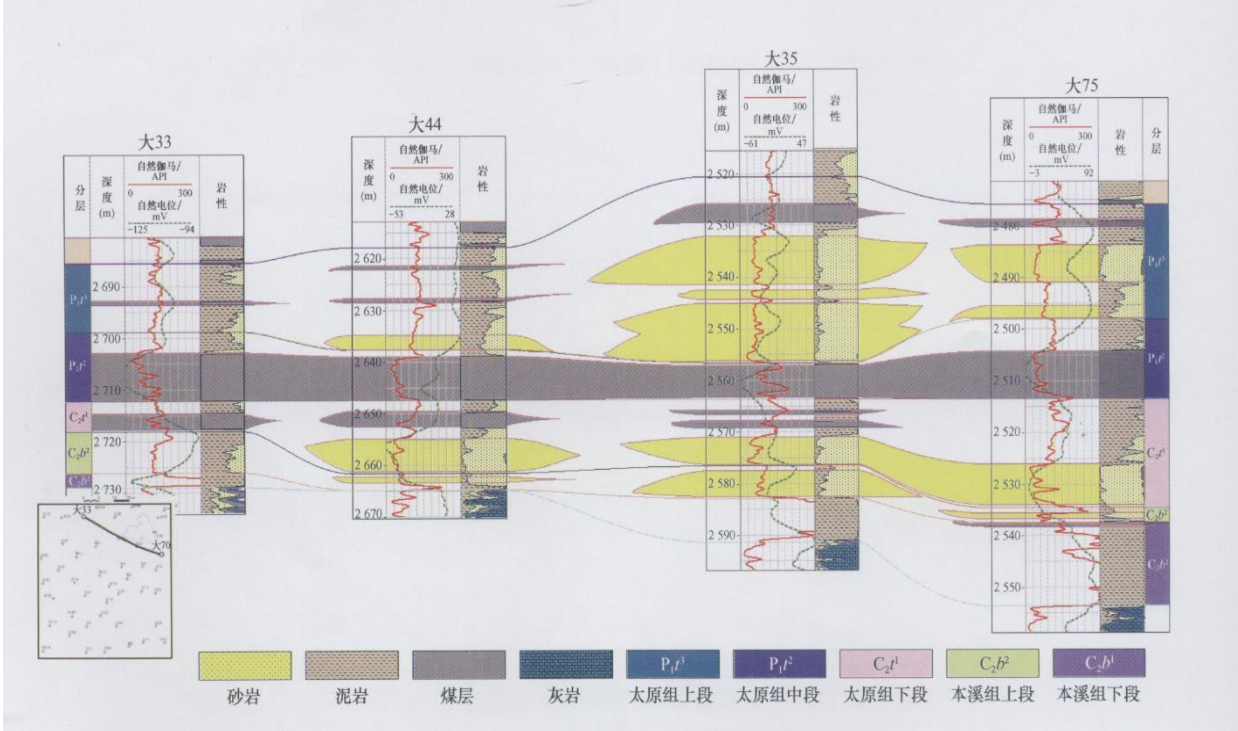


图 9 大 33—大 70 井本溪组-太原组连井剖面

Fig. 9 Well-tie section from D33 to D70 wells showing the Benxi and Taiyuan formations

4 小结

1) 大牛地气田位于晚古生代华北克拉通盆地西段北部, 其沉积演化和地层应与区域一致, 可与处于同一相带的山西太原典型剖面地层划分直接对比。本溪组由两次海侵海退旋回形成下、上两段, 太原组由四次海侵海退旋回形成下、中、上三段。

2) 根据石炭纪二分、二叠纪三分方案, 大牛地气田本溪组的时代为晚石炭世本溪期, 太原组下段时代为晚石炭世晋祠期, 中、上段时代为早二叠世太原期。

3) 大牛地气田位于华北克拉通盆地晚石炭世—早二叠世陆表海的西段北部的滨岸—海岸平原地区, 海侵时处于陆表海滨岸—浅水区, 沉积了含煤陆源碎屑岩—碳酸盐岩混积岩系, 海退时处于三角洲—陆表海滨岸地区, 沉积了含煤陆源碎屑岩。北部本溪期和太原组无灰岩沉积, 为海陆交互相含煤碎屑岩系, 南部为含煤陆源碎屑岩—碳酸盐岩混积岩系, 采用标志层和沉积旋回进行了划分对比。

参考文献

1 郝蜀民, 李良. 鄂尔多斯盆地大牛地大型低渗气田成藏特征及勘探开发技术[J]. 石油与天然气地质, 2006 27(6): 762~768

- 3 郝蜀民, 李良, 尤欢增, 大牛地气田石炭—二叠系海陆过渡沉积体系与近源成藏模式 [J]. 中国地质, 2007, 34(4): 606 ~ 611
- 3 罗东明, 谭学群, 游玉春, 等. 沉积环境复杂地区地层划分对比方法—以鄂尔多斯盆地大牛地气田为例 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(1): 38 ~ 44
- 4 翟爱军, 邓宏文, 邓祖佑. 鄂尔多斯盆地上古生界层序地层与储层预测 [J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(4): 336 ~ 340
- 5 煤炭部煤炭科学研究院地质勘探分院, 山西煤田地质勘探公司. 太原西山含煤地层沉积环境 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1987
- 6 程保洲. 山西晚古生代沉积环境与聚煤规律 [M]. 太原: 山西科技出版社, 1992
- 7 陈钟惠. 鄂尔多斯盆地东缘晚古生代含煤岩系沉积环境和聚煤规律 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1989
- 8 桂学柱. 河东煤田晚古生代聚煤规律及煤炭资源评价 [M]. 太原: 山西科技出版社, 1993
- 9 尚冠雄. 华北地台晚古生代煤地质学研究 [M]. 太原: 山西科技出版社, 1997
- 10 郭英海, 刘焕杰. 鄂尔多斯地区晚古生代的海侵 [J]. 中国矿业大学学报, 1999, 28(2): 126 ~ 129
- 11 全国地层委员会. 中国地层指南及中国地层指南说明书 (修订版) [M]. 北京: 地质出版社, 2001
- 12 全国地层委员会. 中国区域年代地层 (地质年代) 表说明书 [M]. 北京: 地质出版社, 2002
- 13 《中国地层典》编委会, 金玉环, 范影年, 等. 中国地层典—中国的石炭系 [M]. 北京: 地质出版社, 2000

(编辑 张亚雄)

(上接第 696 页)

- 5 罗东明, 谭学群, 游瑜春, 等. 沉积环境复杂地区地层划分对比方法—以鄂尔多斯盆地大牛地气田为例[J]. 石油与天然气地质, 2008 29(1): 38~43
- 6 樊太亮, 吕延仓, 丁明华. 层序地层体制中的陆相储层发育规律[J]. 地质前缘, 2000 7(4): 315~321
- 7 张尚锋, 张昌民, 李少华. 高分辨率层序地层学理论与实践[M]. 北京: 石油工业出版社, 2007. 9~19
- 8 周心怀, 王昕, 魏刚, 等. 辽中中洼东陡坡带古近系层序地层格架控制下的储层预测[J]. 中国海上油气, 2007 19(5): 306~310
- 9 夏庆龙, 赵志超, 赵宪生. 渤海浅部储层沉积微相与地球物理参数关系的研究[J]. 天然气工业, 2004 24(5): 51~55
- 10 宋子齐, 赵宏宇, 唐长久, 等. 利用测井资料研究特低渗储层的

- 沉积相带[J]. 石油地质与工程, 2006 20(6): 18~25
- 11 李德江, 朱筱敏, 杨俊生, 苏丹 Mug[ael]盆地 Fu[la]坳陷白垩系 Abu Gabra组地震相研究[J]. 石油与天然气地质, 2007 28(1): 51~58
- 12 陆基孟. 地震勘探原理[M]. 北京: 石油大学出版社, 1993
- 13 程浪洪. 塔里木盆地轮古西地区多地震属性储层综合预测[J]. 油气地质与采收率, 2007 14(3): 70~72
- 14 刘保国. 实用地震沉积学在沉积相分析中的应用[J]. 石油物探, 2008 47(3): 266~271
- 15 汤卫民, 阎魏. 一种基于线性回归的软件类比估算方法[J]. 计算机工程与科学, 2008 30(12): 149~152

(编辑 董立)