

华北陆台晚古生代岩相古地理

唐开疆

(地质矿产部石油地质综合大队)

提要 位于天山—阴山、昆仑山—秦岭两大纬向构造带之间的华北陆台，在稳定地壳基底上逐渐发展形成晚古生代多旋回克拉通大型含煤盆地。加里东运动使陆台缺失 O_3-C_1 沉积，晚石炭世至晚二叠世陆台为海陆交互相滨海、湖泊、三角洲沉积，随着古地理环境演变，陆台各沉积古地理环境在时、空上表现为由老至新、自北向南迁移。

主题词 华北陆台 陕甘宁古陆 潮缘台地 滨海沼泽 支间沼泽 河漫沼泽

作者简介 唐开疆 男 52岁 高级工程师 石油天然气地质

一、概 论

华北陆台石炭、二叠系分布广泛，沉积矿产丰富，是我国北方主要煤炭生产层系。陆台呈东西向展布于天山—阴山、昆仑山—秦岭两大纬向构造带之间（东经 $105^\circ-121^\circ$ ，北纬 $33^\circ-41^\circ$ ）面积约 100万 km^2 。陆台的形成和发展是在稳定型地壳基底（太古界及下元古界）上逐渐演变形成的晚古生代多旋回克拉通大型含煤盆地。陆台古生界至新生界厚约万米，是我国华北地区油气勘探主要层系。早寒武世中期至中奥陶世末期，陆台为浅海碳酸盐台地沉积。加里东运动使陆台缺失了晚奥陶世至早石炭世沉积，由于北部西伯利亚陆块及南部古扬子陆块向陆台飘移，巨大的水平挤压力把陆台南北两侧的古秦岭、古阴山海槽巨厚的塑性沉积物褶皱回返成山，晚石炭世的华北陆台已演变成由阴山、秦岭两大山系所夹持的大型濒海盆地。陆台晚石炭世至晚二叠世为海陆过渡相成煤期，岩性以碎屑岩、泥质岩为主，夹生物碎屑灰岩及煤层，厚 $320-1666\text{m}$ 。

二、岩相古地理单元划分

沉积岩特征（六种基础图件）及沉积环境标志（14种相标志）是本文划分岩相古地理单元的主要依据^{①②}。现将陆台石炭、二叠纪岩相古地理划分为两类沉积区，五种沉积环境，十五个岩相古地理单元：

（一）大陆沉积区（I）

1、冲积扇沉积环境（ I_1 ）

（1）冲积扇（ I_1^1 ） 岩性以棕褐色砾岩、砂砾岩、砂岩及砂泥岩，碎屑颗粒分选，园度极差；具递变层理及块状层理，古生物极少。粒度概率曲线呈多段式，CM图以P、Q段

①唐开疆、陈召佑、宁正伟、张荣军，1985，华北地区石炭、二叠系沉积相图说明书

②李原慧、杨昌贵、朱德源、唐开疆、祁爱洲，1985，华北地台石炭、二叠系沉积相研究报告

为主; 电阻率曲线呈高阻掌状; 硼含量 $< 10\text{ppm}$, $\text{Sr}/\text{Ba} < 0.4$, 主要分布在北部阴山前缘, 平面呈扇状。

2. 河流沉积环境 (I_2)

(2) 河道 (I_2^1) 岩性以中细粒岩屑、长石砂岩为主, 底部常具冲刷面或滞留沉积; 板状、槽状、波状交错层发育。砂岩纵向上具正粒序结构, 层间常夹碳化植物碎片。粒度概率曲线多呈三段式, 粗、细截点多突变, 自然伽马曲线呈低值。陆台北部以网状河为主, 中部及南部以曲流河、辫状河为主。

(3) 河漫平原 (I_2^2) 岩性以砂泥岩为主, 色调多为杂色; 水平、波状层理发育, 见干裂及波痕; 泥岩中含有少量植物化石, 偶见柱形迹 (*Cylindricum*) 及双叉迹 (*Dikaka*), 局部可夹煤线及钙质团块。硼含量 $10\text{--}20\text{ppm}$, $\text{Sr}/\text{Ba} 0.4\text{--}0.6$, $\text{V}/\text{Ni} 2\text{--}3$, 姥/植 $2\text{--}4.5$, 碳同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 为 $-22\text{--}23\text{‰}$ 。

(4) 河漫沼泽 (I_2^3) 岩性以灰色、杂色泥质岩及碳质泥岩为主, 夹煤层及砂岩; 煤层一般厚 $0.3\text{--}1.5\text{m}$, 横向变化较大。煤岩组中镜质体为 $50\text{--}60\%$, 丝质体 $30\text{--}50\%$, 全硫 $0.4\text{--}0.8$ 。菱铁矿解核及碳化植物化石丰富。伽马—伽马曲线呈指状高峰。

3. 湖泊沉积环境 (I_3)

(5) 水下冲积扇 (I_3^1) 岩性以巨厚层砂、砾岩为主, 单层厚 $20\text{--}50\text{m}$, 具正粒序结构。粒度概率曲线呈弧形, 具重泥流宽粒度区间特点, CM 图由 P、Q、R 三段组成。自然伽马曲线呈低值。

(6) 浅水湖泊 (I_3^2) 岩性以杂色泥、砂岩为主, 常夹透镜状泥灰岩。水平、波状层理发育, 浪成波痕及鲕状铝土矿普遍, 介形、腹足、鱼类化石 (碎片) 丰富。硼含量 $15\text{--}20\text{ppm}$, $\text{Sr}/\text{Ba} 0.5\text{--}0.8$, $\text{V}/\text{Ni} 1.5\text{--}3$, 姥/植 $1\text{--}3$ 。

(二) 海陆过渡沉积区 (II)

4. 三角洲沉积环境 (II_1)

(7) 分支河道 (II_1^1) 沉积特征及环境标志与河道 (I_2^2) 相似, 但碎屑颗粒的成分、结构成熟度比 (I_2^1) 高, 粒度概率曲线多呈两段式, 细截点常为过渡带。

(8) 支间平原 (II_1^2) 沉积特征及环境标志与河漫平原 (I_2^2) 也十分相似, 但古生物中常见有海相舌形贝及柱形迹、双杯迹 (*Diplocraterion*) 遗迹化石; 泥质岩以高岭石、蒙脱石为主, 硼含量 $20\text{--}60\text{ppm}$, $\text{Sr}/\text{Ba} 0.8\text{--}1$, $\text{V}/\text{Ni} 3\text{--}5$, 姥/植 $0.8\text{--}1.5$ 。

(9) 支间沼泽 (II_1^3) 沉积特征及环境标志与河漫沼泽 (I_2^3) 相似。煤层累计厚 $5\text{--}20\text{m}$, 镜质组 $60\text{--}80\%$, 丝质组 $10\text{--}30\%$, 全硫 $0.9\text{--}1.5\%$; 碳同位素 $\delta^{13}\text{C}$ $-23\text{--}24\text{‰}$ 。

(10) 河口坝 (II_1^4) 岩性以灰色中细粒砂岩为主, 纵向上具明显反粒序特征, 砂岩成分、结构成熟度较好; 槽状、板状交错层发育, 偶见变形层理及枕状构造。夹植物碎片及粒状海绿石。粒度概率曲线呈两段式, 细截点为过渡型; CM 图以 R.S 段为主。自然电位曲线呈负向“倒挂钟”形, 自然伽马曲线呈上低下高正三角形。

5. 滨海沉积环境 (II_2)

(11) 潮坪 (II_2^1) 岩性为灰色泥岩及粉细砂岩, 夹薄层状泥灰岩, 生物碎屑灰岩及煤线, 纵向上为频繁互层。脉状、波状、透镜状层理发育, 富含过渡型化石碎片。粘土岩成分以伊利石、蒙脱石为主。硼含量 $6\text{--}8\text{ppm}$, $\text{Sr}/\text{Ba} 1\text{--}1.5$, $\text{V}/\text{Ni} 4\text{--}6$, 姥/植 $0.3\text{--}0.8$ 。

(12) 滨海沼泽 (II₂²) 岩性组合及沉积特征与支间沼泽 (II₃³) 相似, 但煤层底部常含有植物、藻类或珊瑚碎片组成的煤核; 煤层厚 5—24m, 镜质组 80—95%, 丝质组 4—20%, 壳质组 2—4%, 全硫 5—1.5%, 碳同位素 $\delta^{13}\text{C}-24$ —25‰, 姥/植烷 0.3—0.8。

(13) 滩坝 (II₂³) 岩性以灰色中、细砂岩为主, 成分、结构成熟度均高, 纵向呈正、反两种粒序结构。平行层理及海滩交错层发育, 砂岩底部常见由重矿物颗粒组成的韵律层。夹少量海相化石碎片及海缘石。CM 图呈细点收敛, 粗点撒开特点。

(14) 潮下海湾 (II₂⁴) 岩性以深灰色泥岩为主, 夹薄层粉细砂岩及泥晶灰岩。水平及波状层发育。在邻近浅海的地带有孔虫及蜓科有属多、个体变大的特点。偶见螺旋潜迹 (*Zoophycos*)、梯管迹 (*Scalarituba?*) 等遗迹化石。细晶黄铁矿普见。硼含量 80—120ppm, Sr/Ba 1.5/2.5, V/Ni 4—8, 姥/植 0.3—0.6。

(15) 潮缘台地 (II₂⁵) 岩性以灰色碳酸盐岩为主, 富含蜓、棘皮及腕足生物碎屑, 具泥晶及微晶结构, 缝合线发育。泥晶灰岩中偶见 *Zoophycos* 等遗迹化石。微量元素含量与 II₂⁴) 相似。

三、岩相古地理演化

华北陆台晚古生代沉积可分为七期: 靖远期 (C₃¹) 仅分布在西缘局部地区、本溪期 (C₃²)、太原期 (C₃³)、山西期 (P₁¹)、下石盒子期 (P₂¹)、上石盒子期 (P₂²) 及石千峰期 (P₂³)。

(一) 本溪期 (C₃²) 中奥陶世末期, 加里东运动使陆台抬升, 并经受了 1.3 亿年风化剥蚀, 晚石炭世早期 (靖远期) 海水从西部的祁连海向东入侵, 陆台西缘的桌子山南部及贺兰山等地形成了分布面积狭小的沉积区, 据地层及古生物组合特点可与华南滑石板阶 (C₃¹) 及欧洲 Namurian 期对比^①。陆台于中期 (C₃²) 开始沉降, 由于北部古阴山及南部古秦岭的抬升, 当时的华北陆台已演变成为近东西向的大型山间濒海盆地。中期海侵可分两支; 西部祁连海水继续东进, 东部古扬子海水也由本溪及临沂两区向盆内漫进。由于陕甘宁古陆 (东经 107°—109°) 阻隔, 使本溪期沉积分为东、西两个沉积区。西区沉积岩厚 100—2000m, 东区厚 5—85m, 岩性以灰色砂、泥岩为主, 夹生物碎屑灰岩及煤层。泥岩沼泽主要分布在秦皇岛至石咀山一线附近。古动物群以小有孔虫科及旋脊发育的蜓科为主, 珊瑚多为小型单体。古植物以真蕨、种子蕨及石松、楔叶纲为主, 属欧美植物群中巨大脉羊齿—布龙尼尔网羊齿组合, 其时代可与华南达拉期 (C₃²) 及欧洲 *Westphalina* 期对比。综合微量元素、碳同位素及煤层的硫、灰分含量综合分析, 本期古地理环境为热带—亚热带气候、弱氧化—还原条件下以滨海海湾为主体的沉积 (图 1)。

(二) 太原期 (C₃³) 本溪期末, 随着海侵逐渐扩大, 陆台又连续进入太原期。由于海水漫过陕甘宁古陆从而使东、西海域连为一体。北部阴山古陆逐渐抬升而风化剥蚀的大量陆源碎屑由河流载入南部海湾, 在北纬 38° 附近形成了一系列三角洲河口坝沉积; 该线以北以河流相沉积环境为主, 以南为滨海海海湾沉积为主。沉积岩与本溪期相似厚 27—250m, 具有东、西厚中部薄的特点。碎屑岩在阴山古陆前缘发育, 据粒度及岩矿资料分析, 物源主

^①金香福, 1984, 鄂尔多斯盆地晚古生代地层划分及对比

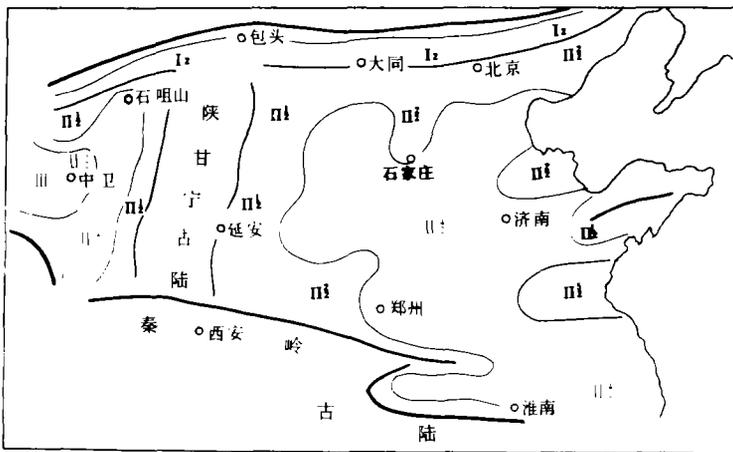


图1 华北古陆晚石炭世本溪期岩相古地理简图

Fig.1 Lithofacies paleogeography sketch map of North China Platform in Bengxi age of Late Carboniferous

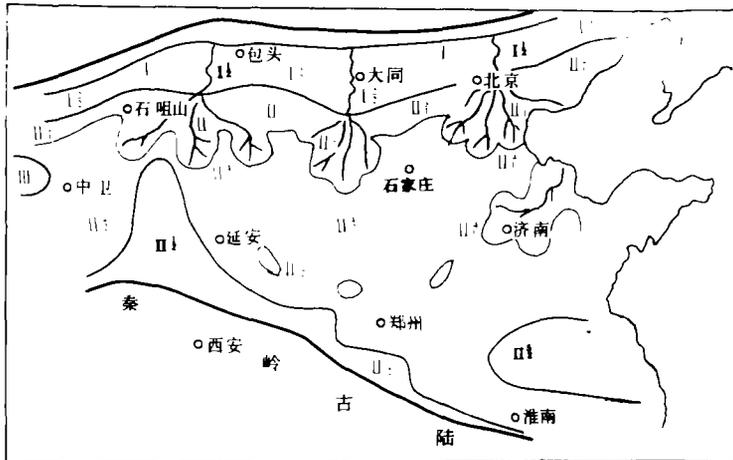


图2 华北陆台晚石炭世太原期岩相古地理简图

Fig.2 Lithofacies paleogeography sketch map of North China Platform in Taiyuan age of Late Carboniferous

西山太原组 (C_3^1) 实测古地磁资料, 反映古纬度为 $14.29^\circ N$ 。综上所述, 本期岩相古地理环境为热带—亚热带, 淡水—半咸水, 弱氧化—还原条件的滨海—三角洲沉积古地理环境 (图2)。

(三) 山西期 (P_1^1) 太原期末, 陆台在海退的古地理环境中进入山西期。由于阴山古陆持续抬升和剥蚀, 大量陆屑继续向南推进、堆积, 此时的海湾已退缩到莒县—淮南及中卫—西安等地, 广阔的中部地带纵横交错、流速缓慢的辫状河道因负载大量泥砂而沿途沉卸, 河流又因沉砂堵塞而改道, 当细小而密集的分支河道注入南部的浅水海湾, 从而使三角洲平

要来自阴山古陆上的中、低级变质岩。泥炭沼泽主要分布在北纬 38° 以北的三角洲平原及滨海潮坪的局部地带。本期滨海环境中蜓科及有孔虫十分丰富, 徐州、淮南一带多达 80 余种, 向北、西方向至石家庄、太原一带逐渐减少至 10 余种^①, 腕足类中扭月贝及小咀贝也明显增多。古植物中鳞木空前繁茂, 栉羊齿及织羊齿也发展迅猛, 网羊齿则明显衰退, 总的组合为假蛋形羊齿—博茨须鳞木为主, 属早期华夏植物群。本期时代可与华南马平阶 (C_3^1) 及欧洲 *Stephanina* 期对比。在太原等地本期煤层下部见有藻类、植物及珊瑚化石煤核; 碳酸盐岩古盐度为 21—33%。证明当时的古地理面貌属滨海海湾环境。据阳泉及淄博实测古河道流向为 150° 及 173° , 与陆台古地理背景一致, 另据中国科学院 1965 年在北京

①王德发等, 华北石炭、二叠系古地理沉积环境分析, 1985.10.

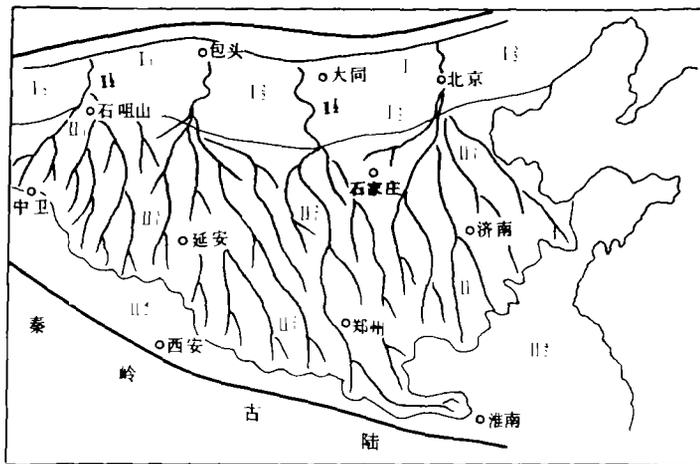


图3 华北陆台早二叠世山西期岩相古地理简图
 Fig.3 Lithofacies paleogeography sketch map of North China Platform in Sanxi age of Early Permian

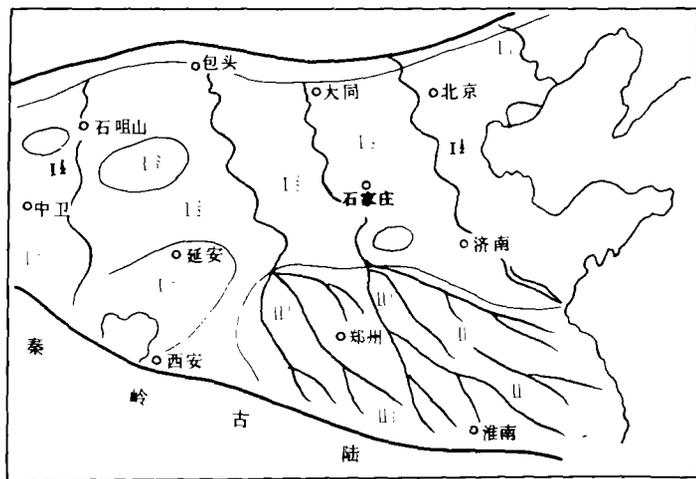


图4 华北陆台晚二叠世上石盒子期岩相古地理简图
 Fig.4 Lithofacies paleogeography sketch map of North China Platform in Shangshihezi age of Late Permian

原迅速向南扩展(图3),本期沉积岩以灰色砂泥岩为主,夹煤层厚30—90m,支间沼泽遍布陆台大部分地区,煤层累计厚约5—10m,由北向南煤层镜质组增加(40—90%)。丝质组减少(55—7%);另外,硫、硼、Sr/Ba、V/Ni、饱/芳烃比值或含量均由北向南增高,唯姥/植降低。古生物群落中舌形贝及淡水腹足类丰富,鳞木、柯达及羊齿植物茂密昌盛且遍布全区,这为大面积含煤奠定了雄厚的物质基础。古植物群以三角织羊齿—翅状准织羊齿组合为代表,属中期华夏植物群,时代可与华南栖霞期(P₁¹)及欧洲Autunian期对比。另据禹县、淄博测得古河流流向为160°及200°,太原测算古纬度为14.8°N。本期总的古地理环境为温暖湿润、弱氧化—弱还原条件下的以三角洲平原为主体的沉积环境。

(四) 下石盒子期 (P₁²) 山西期末,陆台在缓慢抬升及继续海退的环境中进入下石盒子期。陆台东西两测的残留海湾此时已退尽绝迹,三门峡至济南一线

以南已演化成三角洲平原区,该线以北、以西地区为河流及内陆湖泊分布区。本期沉积岩以杂色砂、泥岩为主厚65—200m,平面上具北薄南厚特点。物源区主要来自阴山古陆的中、酸性火山岩,泥炭沼泽主要分布在南部三角洲平原区,煤层累计厚8—12m。微量元素含量或比值仍具北低南高的特点(B: 10—50ppm, Sr/Ba 0.4—0.8, V/Ni 2—4)。古生物群落中舌形贝多见于三角洲平原分布区,此时鳞木、柯达已经衰退,华夏植物群却蓬勃繁衍,古植物组合属三角织羊齿—怀特华夏羊齿,其时代可与华南茅口期(P₁²)及欧洲

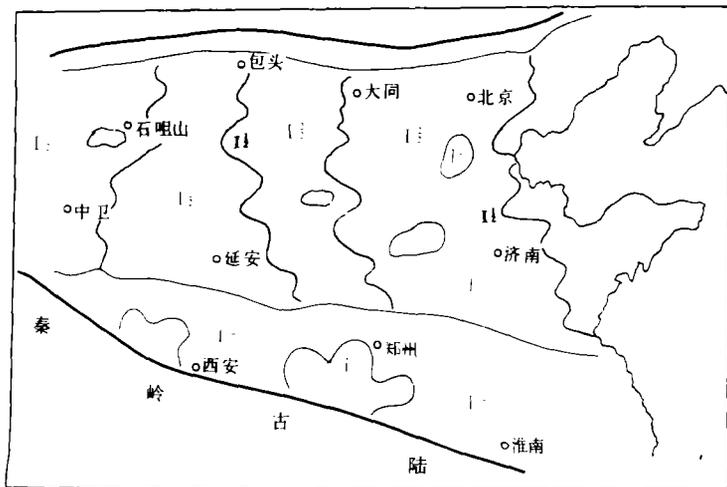


图5 华北陆台晚二叠世石千峰期岩相古地理简图
Fig.5 Lithofacies paleogeography sketch map of North China Platform in Shi Qianfeng Age of Late Permian

Saxonina 期对比。综上所述，本期总的古地理面貌为氧化—弱还原、炎热干旱（北部）—温暖湿润（南部）条件下以河流、湖泊及三角洲平原为主体的沉积环境。

（五）上石盒子期（ P_2^1 ）本期与下石盒子期（ P_2^2 ）古地理格局及沉积环境基本相似。由于秦岭古陆局部抬升加剧，大量的粗碎屑注入湖泊，在陕西武功构成水下冲积扇（图4）。本期沉积岩特点与 P_2^1 期相似厚 130—

650m，煤层累计厚 10—16m。位于陆台西北的阿拉善古陆北测，在本期（中晚期）爆发了火山活动，多期喷发的火山碎屑物在桌子山及贺兰山一带沉积了多达 11 层累计厚约 54m 的凝灰质岩，并向陆台东、南方向逐渐减少变薄，尖灭。另外，在本期沉积岩中夹有富含海绵骨针(?)及舌形贝化石的硅质、灰质泥岩，其成因很有可能是短暂的海漫沉积，(因为论据尚欠确凿，还有待今后研究论证)。本期古植物群以烟叶大羽羊齿—平安瓣输叶组合为主，属晚期华夏植物群，其时代可与华南龙潭期（ P_2^2 ）及欧洲 **Zechstein** 早期对比。据太原、淄博所测得古河道流向为 142° 及 133° ；淄博地区古纬度 15.49° N。综上所述本期沉积古地理特点及环境与下石盒子期基本相同。

（六）石千峰期（ P_2^3 ）上石盒子期末，陆台在持续缓慢抬升中又进入石千峰期。此时陆台上三角洲平原已经消失，在南部天水至临沂一带已演变成秦岭古陆前缘的浅水湖泊，由于此时秦岭古陆的剧烈隆升，大量的剥蚀陆屑在武功—平顶山一带，形成了单层厚达 50m 的粗碎屑水下冲积扇群体①由于阴山古陆此时上升缓慢，被剥蚀的陆源碎屑也大量减少，原有的河流也因此而进入负载少，流速慢的老年期。由于古气候渐转干旱炎热，有机质难于聚集保存，故泥炭沼泽基本绝迹。本期沉积岩以棕红色砂、泥岩为主，厚 70—390m。古生物群落中出现了石千峰龙、薛村山西龙、轻身三川龙及柳林黄河龙②等古脊椎动物化石，古植物群中出现大量裸子及蕨类植物，总的面貌以瓣状拟扇叶(?)—布朗乌尔曼“杉”组合为主，其时代可与华南长兴阶（ P_2^3 ）及欧洲 **Zechstein** 晚期对比。综上所述，本期古地理环境为炎热、干旱气候、氧化—弱氧化条件下的河流、湖泊沉积。

四、结 语

①张孝志等，1985，华北石炭、二叠系煤成气赋存条件及资源评价报告。

②肖集珍，1982，山西二叠系

经过十余年工作实践和研究探索, 笔者认为岩相古地理研究是一项多学科互相渗透共同论证的综合性工作。综合上述资料的初步分析, 华北陆台的晚古生代沉积, 是在稳定型地壳基底上逐渐演化形成的多旋回克拉通含煤盆地, 古地理背景属于热带—亚热带气候、氧化—还原条件下的海陆过渡型为主体的沉积环境。随着地质历史的演化及古地理环境的变迁, 陆台上的泥炭沼泽也表现为从老到新、自北向南迁移。

本文所引用的资料, 多属地矿部属各生产、科研单位在“六五”期间共同承担的65—18—1项研究成果。笔者在撰写过程中曾受到关士聪学部委员, 李学慧、张孝志高级工程师及彭玉娥老师的关怀和指导, 何红同志也给予了帮助, 在此深表感谢。

收稿日期 1987年7月9日

参 考 资 料

- (1) 潘随贤, 1985, 煤炭学报 2期, 59—66页。
- (2) 李星学, 1964, 中国晚古生代陆相地层 科学出版社。
- (3) 徐辉, 1971, 石油地质实验, 1期, 57—63页。
- (4) 赵师庆, 1985, 淮南矿院学报, 1期, 22—35页。
- (5) 唐开疆, 1987, 华北陆台石炭系沉积相带, 海相沉积区油气地质, 2期。

LITHOFACIES PALEOGEOGRAPHY OF NORTH CHINA PLATFORM IN LATE PALEOZOIC

Tang Kaijiang

(Comprehensive Research Institute of Petroleum Geology,
Ministry of Geology and Mineral Resources)

ABSTRACT

North China Platform is located between the two latitude structural belts of Tianshan—Yinshan mountains and Kunlun—Qingling mountains with the total area of about one million square kilometres. The platform is a large polycyclic Cratonic coal-bearing basin which gradually evolved and formed on the base of stable crust during Late Paleozoic. The thickness of the sedimentary rocks deposited from the Middle and the Late Proterozoic to Cenozoic in North China Platform is over ten thousand metres. It is an important region for oil and gas exploration in the East part of China. The platform base was composed of Archeozoic and Late Proterozoic. The Early Paleozoic sediments were carbonate rocks of shallow-sea platform

facies. The Caledonian Movement made the platform uplift as a land in the Middle Ordovician and Late Ordovician and Early Carboniferous Systems were missing. The sediments from Late Carboniferous to Late Permian were a set of fluvial-lake-delta-shore sedimentary system of clastic rocks intercalated with carbonate rocks and coal beds. The total thickness is 320-1666m.

During the Early period of Late Carboniferous the transgression (the Jingyuan formation) of North China Platform came from the west of Qilian Sea, the sediments were only distributed in local areas of west margin of the platform, which could be contrasted with Namurian of Europe in age, during the middle period of Late Carboniferous, the transgression (the Bengxi formation) was from west Qilian Sea and east ancient Yangzi Sea, the paleogeographic units were dominated by sea gulf, lake front platform, tidal flat and coastal swamp, the age of them could be contrasted with Westphalina of Europe. During the Late Carboniferous (the Taiyuan formation) the transgression increased, the north part of the platform was dominated by delta sediments, the central and south parts of the platform were dominated by coastal sediments, whose age could be contrasted to Stephanian of Europe. During the early Permian (the Sanxi formation), the sea water began to regress towards east and west, the central part of the platform was wholly occupied by delta sediments. The three types of peat bogs were almost distributed over the whole area, the age of which could be contrasted to European Arturian; during the late period of the Early Permian (the Xiashinezi Formation), coastal sediments were ended, the delta deposits were only limited in the southern area of 36° northern latitude and the east part of 111° eastern longitude. Inland fresh water lakes were formed in the west part of this area. The north and central parts of the platform were fluvial sedimentary areas, the age could be contrasted with Saxonian of Europe. The sedimentary environment and paleogeographic unit distribution in the late period of Early Permian were almost the same as compared to that of the lower Shihezi period, its age could be contrasted with early Zechstein of Europe; during the late period of Early Permian (the Shiqianfeng Formation), the sedimentary facies was dominated by continental sediments, the delta sediments were basically vanished. The south of the platform was dominantly shallow-water lacustrine deposits, and the north and central parts were occupied by the fluvial and small type of lacustrine deposits: the age of them could be contrasted with late Zechstein of Europe.

As stated above, the sediments from Late Paleozoic era in North China Platform were a set of marine-terrestrial transition facies. With the evolution of geologic history and the alteration of paleogeographic environment, the swamp deposits from older to new changed from north to south.