

淮北地区 浅层煤成气的形成条件及资源评价

韩树棻 朱 彬 齐文凯 著

地 质 出 版 社

淮北地区浅层煤成气的形成 条件及资源评价

韩树棻 朱 彬 齐文凯 著

地 质 出 版 社

前 言

两淮地区石炭、二叠纪含煤地层分布广泛,煤炭资源丰富,煤种齐全,发育有生气条件的煤、暗色泥岩及灰岩,为煤成气的生成提供了雄厚的物质基础。

两淮地区石炭、二叠纪煤系虽经历了印支—燕山期和喜马拉雅期强烈的构造运动,在夏邑—阜阳断裂以东构造抬升,形成煤系浅埋区,致使印支—燕山早期生成的煤成气大部分散失,但伴随着岩浆活动,提高了煤的变质程度和生烃潜力,又创造了二次生气的有利条件,从而在浅埋区煤系残留厚度较大、覆盖条件较好的向斜构造中,仍具有生成和保存煤成气的可能。在夏邑—阜阳断裂以西及丰沛断裂南侧的煤系沉降较深的凹陷深埋区内,不仅保存了印支—燕山期的煤成气,而且还可能有喜马拉雅期生成的煤成气。这些地区曾多次发现与煤成气成因有关的油气显示,特别是大部分浅部已开拓井田的高瓦斯气体的突出,以及近年来瓦斯的抽排利用,已经引起了有关部门对淮北地区浅层煤成气形成条件研究的兴趣和注意。因此,研究淮北地区煤成气形成条件具有重要的现实意义。

为此,安徽省地质矿产局于1988年立项开展“淮北地区煤成气生成条件及资源评价”研究。要求在以往对两淮地区成煤地质条件及成煤预测研究的基础上,进一步重点研究淮北地区石炭、二叠系浅层煤成气的形成条件,并对煤成气资源进行评价。研究项目从1988年9月开始,由安徽省地质科学研究所负责,与安徽省地球物理地球化学勘查技术院和安徽省地质矿产局325地质队共同合作,至1990年底完成。研究项目中的两个专题:“淮北地区含煤岩系有机地球化学特征”及“利用物探方法研究煤成气构造圈闭条件”分别由省地质矿产局325地质队和安徽省地球物理地球化学勘查技术院承担,并提交了专题基础资料和成果。研究报告的最终成果由安徽省地质科学研究所负责完成。参加本课题研究的人员有:安徽省地质科学研究所韩树菜、朱彬,安徽省地球物理地球化学勘查技术院齐文凯、周生义、严晓红,安徽省地质矿产局325地质队赵先进、纪中军。

研究工作包括选择重点地区采集部分煤、暗色泥岩及灰岩岩样,进行气源岩有机地球化学方面的多项测试,以及储集岩和盖层岩物理性质方面的测试工作;并收集和整理了大量本区和邻区的有关地质和物探资料,进行综合研究和分析。研究的主要内容包括:从淮北地区石炭、二叠纪含煤地层的沉积、构造和热演化历史及其特征方面,综合研究本区煤成气的形成条件;重点进行了气源岩有机地球化学特征的研究;储集层和盖层的发育及其物性条件的研究;构造圈闭条件分析,以及利用物探方法分析、判定储集构造的圈闭条件;对生储盖组合配置关系进行分析研究等。在此基础上对煤成气资源量进行计算,并评价了淮北地区浅层煤成气可能储集的有利地区。

本报告共分八章,其中第三章、第四章由朱彬执笔;第六章由齐文凯执笔;韩树菜编写其余各章节,并负责全报告各章节的修改和定稿,其中第二章是在赵先进、纪中军提供专题研究成果基础上编写的。另外,煤成气资源量计算中的部分工作有严晓红参加。第六章有关物探部分的图件编制由周生义和严晓红完成。

本研究项目中的有关测试工作,得到了地质矿产部石油地质中心实验室和华北石油地

质局地质研究大队实验室的大力支持和协作，使研究工作得以顺利完成；有关生产矿井瓦斯资料由淮北矿务局张树齐、马家荣提供；另外，淮南矿业学院、合肥煤炭设计院、地质矿产部石油地质研究所、石油勘探开发科学研究院等单位对资料收集都给予了很大帮助。本研究成果经关士聪、马学昌、尹善春、赵师庆、徐毓凡及李锡之、王翠莲等教授和专家进行评审和审阅，提出了宝贵意见。研究成果经整理编写为本书出版，得到了安徽省地质科学研究所周本和所长的大力支持，在此表示衷心感谢。

此外，安徽省地质科学研究所绘图室马燕、李文陵、戴桂芳、王晓梅和照相室高毅敏，以及物化探队绘图室的同志协助完成了本报告图件的清绘及照相复制工作，在此一并致谢。

目 录

第一章 地质概况	1
第一节 地层发育概况	2
第二节 构造发展简史	4
第三节 淮北地区石炭、二叠纪煤系残留厚度的分布及赋存状态	5
第二章 淮北地区石炭、二叠纪煤系气源岩有机地球化学特征	8
第一节 气源岩发育情况	8
第二节 有机质丰度	11
第三节 有机质类型	15
第四节 有机质成熟度及热演化	25
第五节 淮北地区石炭、二叠纪煤系气源岩的生气条件	31
第三章 石炭、二叠纪煤系沉积环境及其对煤成气形成条件的控制	34
第一节 石炭、二叠纪煤系的沉积特征、岩相古地理及与气源岩、储集层和盖层的关系	34
第二节 主要砂岩储集层沉积特征及沉积环境	45
第三节 石炭、二叠系砂岩的成岩作用及其与储集层的关系	49
第四节 K ₃ 砂岩储集层的沉积特征及储集条件	51
第四章 煤成气赋存的储盖条件及生储盖组合	57
第一节 储集条件	57
第二节 封盖条件	77
第三节 含煤地层的生储盖组合条件	87
第五章 煤成气的圈闭条件	94
第一节 构造圈闭条件	94
第二节 非构造圈闭条件	124
第六章 利用物探方法对煤成气生成有利地区及储集构造的分析	129
第一节 煤成气生成的有利地区分析	129
第二节 煤成气储集构造的分区研究	133
第七章 煤矿瓦斯的地质特征	154
第一节 瓦斯组分及分布特征	154
第二节 瓦斯利用情况及瓦斯资源	160
第八章 淮北地区石炭、二叠系煤成气资源远景评价	163
第一节 石炭、二叠系煤成气资源量计算	163
第二节 淮北地区煤成气资源评价	167
结论	171
参考文献	174
图版及图版说明	175
英文摘要	186

第一章 地质概况

本书所述的淮北地区是指安徽省北部，其范围限于郯庐断裂以西，界首-五河断裂以北，西、北两方直至省界（图1-1）。自东向西依次发育有北北东向的固镇-长丰断裂、丰涡断裂和夏邑-阜阳断裂，控制了石炭、二叠纪含煤地层的抬升和沉降，以及中、新生界沉积盖层的发育；而自南向北依序排列的东西向的界首-五河断裂、楚店-泗县断裂、宿北断裂和丰沛断裂控制了东西向延伸的坳陷和隆起，决定了含煤地层的保存和发育。淮北坳陷南北两侧即以界首-五河和丰沛两断裂为界，为介于丰沛隆起和蚌埠隆起之间的石炭、二叠纪煤系分布区，也就是属于两淮北部的淮北煤田范围，这是本次研究的重点地区。地理位置大致是东经 $115^{\circ}30'$ — 118° ，北纬 $33^{\circ}10'$ — $34^{\circ}40'$ 。淮北煤田北与江苏徐州及鲁西南煤田分布区相连，向西进入河南境内，区内除淮西北部皇藏峪一带局部有寒武、奥陶系基岩出露外，余皆为数十米至数千米的中、新生界所掩盖。

本区位于中朝准地台东南部，包括鲁西断隆和华北断坳两个二级大地构造单元的一部分，三级构造单元为分别属于上述二级单元的淮北和周口两坳陷。

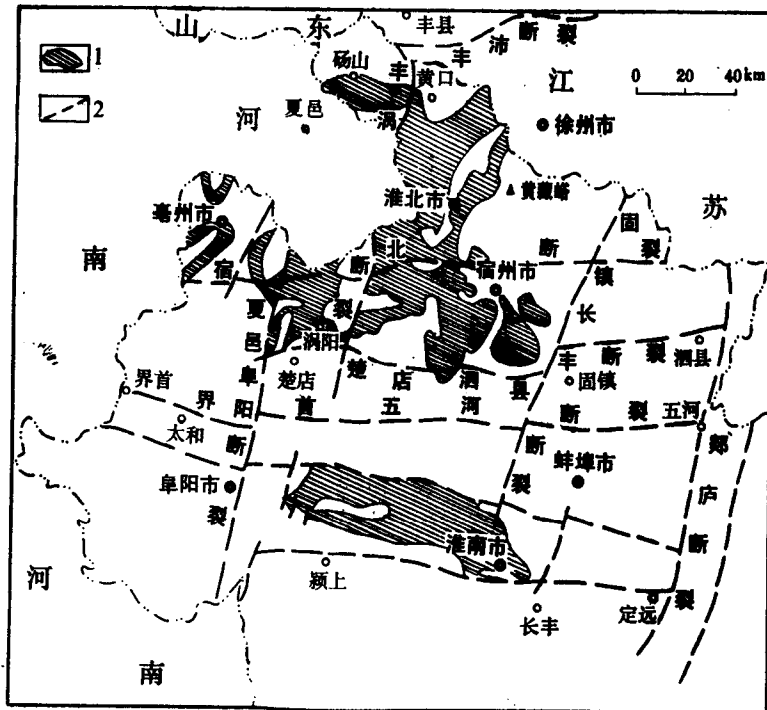


图 1-1 两淮地区地质略图
1—含煤地层；2—断裂

第一节 地层发育概况

本区属华北地层大区的淮北地层小区。发育有太古界五河群，上元古界青白口系、震旦系，古生界寒武系、奥陶系中统和下统、石炭系上统、二叠系和中新生界侏罗系、白垩系、第三系和第四系。缺失下元古界、上元古界长城系、蓟县系，古生界志留系、泥盆系、奥陶系上统和石炭系下统。三叠系是否存在，尚未明确。总厚在11000m以上。现由老至新简述如下：

一、太古界五河群

为本区最古老的结晶基底。为一套中、深变质岩系，包括黑云母斜长片麻岩、花岗片麻岩、黑云母角闪片岩等。主要出露于五河一带，厚度为1500m左右。

二、上元古界青白口系

为一套碎屑岩沉积，据露头和钻孔揭露，主要分布在蒙城、泗县、濉溪、宿县及灵璧一带。下段为伍山组，为灰白、灰色厚层状石英岩、含砾石英砂岩；上段为刘老碑组，岩性主要为黄绿色钙质泥岩、薄层泥灰岩及厚层石英细砂岩，厚529—1050m。

三、震旦系

沉积厚度为2237m，以碳酸盐岩为主，主要分布在固镇-长丰断裂以东无煤系分布的地区。下统为徐淮群，上统为宿县群和栏杆群。徐淮群以灰黄色粉砂岩和浅灰红色石英砂岩、青灰色灰岩、白云岩夹紫红色灰岩、泥灰岩及砾屑灰岩为主；宿县群以白云质灰岩为主，夹少量石英砂岩、粉砂岩和泥灰岩。栏杆群底部为一层0.2—0.7m的砾岩，下部为灰色细砂岩及灰岩，上部为页岩及泥灰岩、白云岩、含藻类及蠕虫动物化石。

四、寒武系

出露普遍，主要分布在萧县东部和宿县北部一带，呈基岩露头出露于地表，组成皇藏峪复背斜和萧县背斜的核部。另由钻孔揭露，在涡阳、蒙城、临涣、童亭以及亳县等地也有分布，厚700—1350m，以不整合关系覆盖于震旦系之上。下统为灰黄色含砾砂屑灰岩、白云岩、泥灰岩、豹皮状灰岩，以及灰岩与紫红色页岩的不规则互层。中统下部为灰岩、鲕状灰岩及粉砂岩，向上为鲕状灰岩及长石石英砂岩，最上为鲕状灰岩。上统为鲕状砂屑灰岩、豹皮状白云质灰岩、条带状灰岩及灰黄、灰绿色泥灰岩。本系产丰富的动物化石，除华北型三叶虫外，尚有头足类、笔石、软舌螺、腹足类、腕足类、牙形刺。另外，还有藻类化石寒武系各组之间为连续沉积。馒头组中夹的灰色厚层含燧石团块云斑灰岩和生物屑灰岩，张夏组的鲕状灰岩、生物屑灰岩，凤山组的灰色、深灰色灰岩和砾屑灰岩，均具有生油气能力。

五、奥陶系

本区缺失上统，仅发育下统和中统，主要为浅海台地相碳酸盐岩沉积，厚332—562m，与寒武系呈假整合接触，出露地区与寒武系相同。下统岩性为一套含直角石的薄层灰岩、豹皮状白云质灰岩，局部含硅质结核条带；中统为厚层状灰岩及白云岩。上马家沟组上段的深灰、灰色泥晶灰岩，生物屑灰岩，其有机质丰度高，均为最有利的生油层。

六、石炭系

本区缺失下石炭统。上石炭统沉积于奥陶系风化剥蚀面之上，与奥陶系呈不整合或假

整合接触，露头仅在淮北萧县东部有零星出露，余皆与二叠纪煤系一起为中新生界所掩盖。本系总厚120—180m。本溪组厚3—38m，为灰紫、浅灰色铝土岩或鲕状铁铝质泥岩及泥岩，含一层薄层灰岩。太原组厚110—158m。由灰—深灰色灰岩、砂岩、粉砂岩、黑色泥岩、碳质页岩和薄煤层所组成，含灰岩9—11层。灰岩总厚约40—70m，含煤3—11层，不稳定，大部分为煤线，产丰富的多门类动物化石，主要有鲕类、腕足类、珊瑚类、头足类、腹足类、双壳类、三叶虫、海绵骨针、牙形刺等化石；植物化石以科达、卵羊齿为主，另外还见有藻类化石太原组的暗色泥岩、灰岩和煤层均为气源岩，具有一定的生气能力。

七、二叠系

为本区主要含煤地层，且发育较全。主要分布在固镇-长丰断裂以西。自下而上为山西组、下石盒子组、上石盒子组和石千峰组，为一套含煤的碎屑岩沉积。二叠纪煤系共划分为7个含煤段，10个主要含煤组，共含20余层煤。山西组含C、D煤组，下石盒子组含G、F、H煤组，上石盒子组含J、I、L、M、N煤组。但上石盒子组在宿北断裂以北含煤组少，很少有可采煤层，大多为碳质页岩或煤线，仅在宿北断裂以南地区上石盒子组含煤性变好，各煤组均有可采煤层发育。全区平均煤厚约15—20m。由于后期构造运动，上石盒子组至石千峰组常被部分剥蚀，揭露不全。二叠系总厚大于2000m。煤和暗色泥岩均为良好的气源岩，具有生气条件。

下统山西组厚90—110m。主要为黑色泥岩、灰黑色砂岩、泥岩与砂岩互层及煤层。含C、D两煤组，煤厚约4m左右。D煤层之上多为厚层中粗粒砂岩，含大量菱铁矿和泥岩包体。底部条带状砂岩和砂岩互层，具有生物扰动构造及遗迹化石。本组下段与太原组构成两套“下部生储盖组合”和“中部生储盖组合”关系，可形成自生内储式的煤成气藏。

下石盒子组厚75—120m，由砂岩、粉砂岩、泥岩及铝土质泥岩、碳质页岩和煤层组成。底部为铝土质泥岩，为本区稳定的标志层，也是区域上良好的盖层。含煤最多可达10层，总厚约12m左右。淮北北部地区较南部地区煤层层数略少，且厚度也较其为薄。本组与上石盒子组可构成一套“上部生储盖组合”关系的自生内储式或近储式的煤成气藏。

上石盒子组厚550—780m，主要为砂岩、粉砂岩、泥岩和煤层，在中上部有极薄的海绵硅质岩，最上部为一套不含煤的杂色岩层。由灰、紫红、灰绿色斑状粘土岩和粉砂岩及砂岩组成。含J、I、L、M、N五个煤组。淮北萧县砀山一带基本不含煤层，向南至宿县、临涣一带含煤增多，且煤层比较稳定，平均厚度约5m左右。本组与下石盒子组构成“上部生储盖组合”关系，储盖条件较好。

石千峰组厚度大于1000m，主要分布在花沟以西地区或部分向斜核部，如蒋河向斜、南坪向斜地区以及黄口凹陷和周口凹陷地区。岩性为砖红色砂砾岩及砂岩，夹浅猪肝色及灰绿色斑状泥岩、粉砂岩，局部地区夹石膏层，底部以一层灰黄色或灰白色含砾砂岩与上石盒子组分界。本组受后期构造影响，遭受严重剥蚀，残留厚度可从十多米至数百米不等。其上部是否应划为三叠系尚未肯定，但与下伏地层上石盒子组为连续沉积，与上覆地层下第三系呈角度不整合接触。

八、侏罗系

厚度大于1300m。主要分布于固镇-长丰断裂以东灵璧、泗县、固镇一带，以及砀山

北部黄口凹陷或夏邑-阜阳断裂以西的新生界覆盖层之下。据揭露不全的泗县钻孔资料,缺失中下统及上统泗县组,岩性为浅灰、褐色细砂岩和粉砂岩、泥岩夹煤线及一薄层淡水灰岩及石膏薄层,含黄铁矿、黄铁矿结核及泥质、钙质结核,炭化植物碎片及炭屑。侏罗系与下古生界或元古界呈不整合接触。

九、白垩系

主要分布在宿县东部灵璧、泗县、五河、固镇一带的中生界断陷盆地中。大部分为新生界所掩盖。下统青山组厚574.5m,下部为灰白色砂砾岩,上部为火山碎屑岩。上统王氏组为盆地河湖相碎屑沉积,主要为杂色砂砾岩、砂岩、粉砂岩,砾石成分复杂,多以石英和火山碎屑岩为主,局部为泥质岩块。含腹足类、瓣鳃类及炭化植物化石及炭屑,厚度大于800m。白垩系与侏罗系和第三系等为不整合接触。

十、第三系

主要分布在夏邑-阜阳断裂带以西、碭山以北的黄口沉降带,以及沿一些断裂带一侧所形成的断陷盆地中,如宿北断裂南侧、丰润断裂西侧等地。下第三系继承了中生代后期盆地沉积,发育河流、湖泊相碎屑沉积,以砾岩、砂岩等粗碎屑沉积为主,夹有湖泊相的粉砂岩、粉砂质泥岩,并含有石膏层。下第三系不整合在不同层位之上,以箕状断陷盆地沉积为特点。

上第三系分布普遍,中新统下部为一套灰白、灰绿色泥质粉砂岩,泥岩和浅棕色细砂岩,含砾砂岩,产轮藻及脊椎动物化石。上部为浅棕黄色粉砂岩、泥质粉砂岩夹泥岩。上新统为棕色和灰绿色粘土、砂质粘土、半固结中细砂及砂质粘土,底部为灰黄色粘土夹砾石。本系厚度为0—6000m。

十一、第四系

除极少数基岩出露区外,全区均普遍发育。淮北地区广大的煤系分布区均为第四系所覆盖。主要为河流相砾、砂和粘土层,与上第三系呈平行不整合接触。厚度在200m以内。

第二节 构造发展简史

本区位于中朝准地台东南部,为两淮煤田沉积区的北部。其地质发展史与整个两淮地区一样,基本上与中朝准地台所经历的地质发展史是一致的。本区曾发生过多 次构造运动,经历了发育太古界(五台期)、下元古界(吕梁期)、上元古界(蓟县期)、下古生界(加里东期)、上古生界(华力西期)、中生界(印支及燕山期)和新生界(喜马拉雅期)七个构造层的多旋回的构造演化。反映其经历了地台基底形成阶段、地台稳定发展阶段和准地台多旋回活动阶段,形成了现今两淮地区的构造格局。

本区经受了晚太古代和早元古代的两期构造运动,形成了变质结晶基底。在基底形成中发生过基性、超基性岩浆侵入和混合岩化等变质作用,构成了区域性东西向基底褶皱和平行轴向的压性断裂。

早元古代末期吕梁运动以后(本区称凤阳运动),早元古代地槽褶皱回返,本区进入了地台相对稳定发展阶段,以升降运动为主,使皖北地区隆起,形成剥蚀区。直至晚元古代中期,才开始沉降成为海域。在拗陷较深的徐淮地区,沉积了3000多米的碎屑岩和碳酸盐岩建造,形成震旦期的沉积盖层(反映本区由活动走向稳定),是地台最早的盖层。晚元古

代蓟县运动（在皖北称栏杆运动）之后，在两淮地区造成下古生界与上元古界不同层位之间的假整合和微角度超覆关系。表现在淮南地区震旦系上统缺失、寒武系与震旦系下统徐淮群呈假整合关系。在淮北地区，寒武系与震旦系上统呈假整合接触。

至中奥陶世晚期，发生了波及整个华北地区的加里东期泰康运动，本区地壳整体上升为陆地，使两淮与华北地区一样，均经历了长期的剥蚀阶段。自晚奥陶世到早石炭世期间未接受沉积，直到晚石炭世早期方缓慢下沉，导致广泛的海侵，普遍形成石炭、二叠系1700m左右的含煤碎屑岩沉积和碳酸盐岩沉积，以及数千余米的红色碎屑岩建造，为煤成气形成提供了生气母岩的物质基础，并创造了良好的储盖条件。

在中生代以前，本区主要构造线方向为东西向。从中生代开始，印支及燕山早期构造运动强烈，郯庐断裂发生大规模左旋平移运动，盖层剧烈褶皱，形成了一系列北北东的褶皱和区域性断裂，并伴随有规模较大的岩浆活动；东西向区域断裂同时亦在活动。受印支期构造运动影响，本区可能缺失三叠系，或三叠系基本被剥蚀殆尽，甚至二叠系也遭受不同程度的剥蚀。在燕山早期，在向斜褶皱和坳陷盆地内堆积了侏罗纪陆相红色碎屑岩沉积和火山岩沉积。至燕山晚期，本区发生断块差异升降运动，形成隆起或坳陷，在一些坳陷和断陷中形成晚侏罗世和早白垩世陆相沉积，并沿断裂带仍有岩浆侵入活动。

在印支运动早期，古生界埋深可达3000m以上。这时，有机物质已进入了油气生成的主要时期，但燕山期强烈褶皱和局部地区煤系的抬升和剥蚀，使古生界成气条件遭受破坏，但与褶皱同步侵入的岩浆活动在淮北地区十分普遍，为二次生气创造了条件。

喜马拉雅期，本区处于拉张应力场作用下，仍表现为断块差异升降运动，但不同断块的抬升和沉积可能和燕山期有所不同，形成了隆坳相间的构造格局。在喜马拉雅期，本区西部迅速下沉，形成周口坳陷区，沉积了6000m左右的第三系；本区北部东西向延伸的黄口沉降带为晚第三系大型坳陷沉积区。

至第四纪时期，淮北仍为沉降区，阜阳-夏邑断裂以西沉降幅度较大。淮北地区中黄口坳陷和阜阳-夏邑断裂以西的倪丘集坳陷总体沉降幅度大，古生界、中生界和新生界发育比较齐全，区域盖层和保存条件相对较好，是油气勘探的有利地区。其他地区则为浅层煤成气的重要勘查区。

第三节 淮北地区石炭、二叠纪煤系残留厚度的分布及赋存状态

一、残留厚度的分布区

本区石炭、二叠系经过印支、燕山和喜马拉雅多期构造运动的强烈变动和改造，部分地区抬升剥蚀，部分地区沉降深埋，煤系保存厚度不一。根据物探和钻探资料，全区煤系残留和分布情况大致可分为缺失区（东部地区）、剥蚀浅埋区（中部地区）和深埋区（西北部区）。

固镇-长丰断裂以东为煤系缺失区，震旦系大面积分布，石炭、二叠系即使曾沉积过也已被剥蚀殆尽，是否在震旦系之下有因推覆而存在煤系地层，目前尚无足够的证据，但估计可能性很小。固镇-长丰断裂以西至夏邑-阜阳断裂之间为煤系浅埋区，石炭、二叠系残留厚度为600—1000m左右。上覆地层主要为第三系和第四系，大部分地区缺失三叠系

或侏罗—白垩系，上石盒子组部分被剥蚀，局部有石千峰组保留，如蒋河向斜、南坪向斜是石炭、二叠系保存较完整的地区，煤系残留厚度在1000m以上。其余地区，如闸河向斜、宿东向斜、宿南向斜一带，煤系残留厚度为600—800m左右，太原组、山西组、下石盒子组和上石盒子组的一部分或大部分得以保存。临涣至涡阳一带，煤系残留厚度有<400m者，甚至局部地区背斜轴部煤系被剥蚀掉而出露寒武系和奥陶系，太原组、山西组和下石盒子组、上石盒子组煤系有不同程度的保存。

夏邑—阜阳断裂以西的周口坳陷和丰沛断裂南侧的黄口沉降带为煤系深埋区。这两个地区，在历次地质历史时期中基本上以沉降为主，因而煤系保存完整，上覆地层为数千米的中、新生界。一般在凹陷区煤系残留厚度大于1100m左右，仅在亳县凸起，煤系遭受剥蚀，出现寒武系和奥陶系；石炭、二叠系残留厚度一般小于1000m（图1-2）。

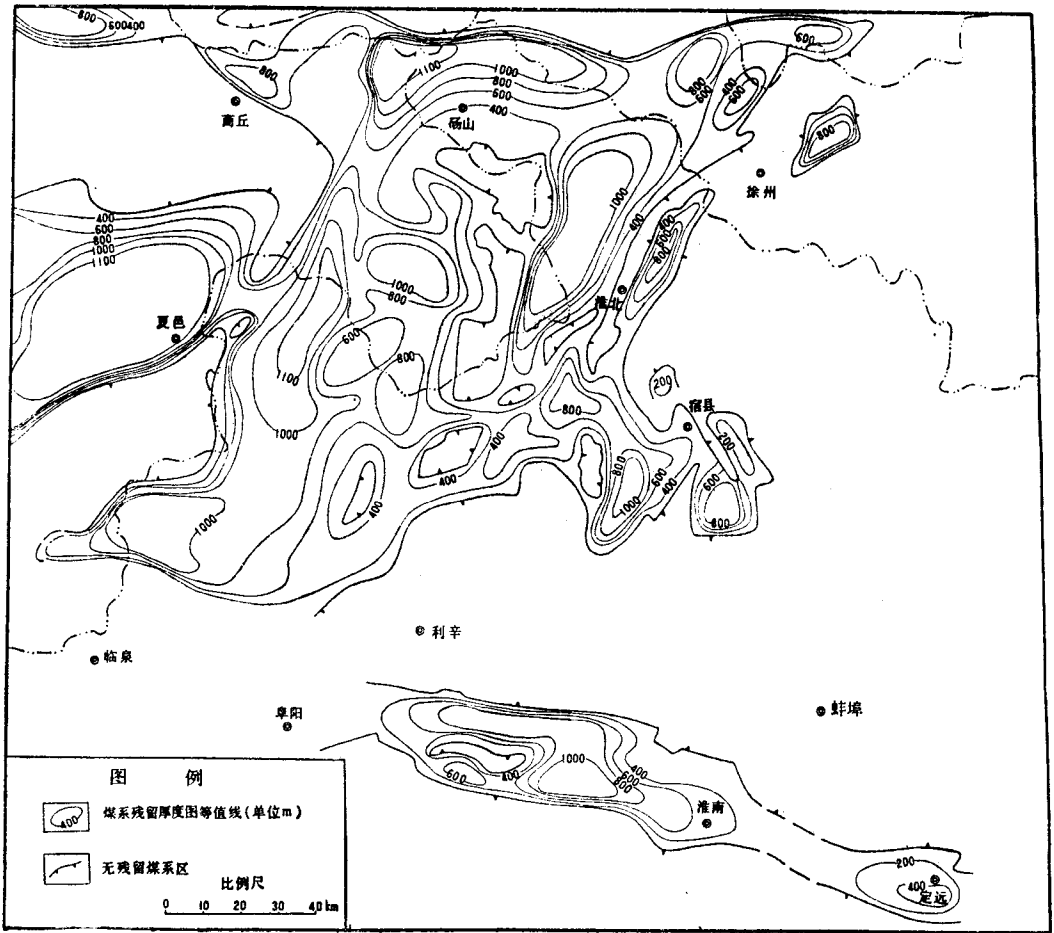


图 1-2 安徽省两淮地区石炭—二叠纪煤系残留厚度图
(据华北石油局资料修编)

二、石炭、二叠系残留体赋存状态

煤系遭受剥蚀，保存情况不一。从本区石炭、二叠系残留体分布的面积可以大致了解其保存状态。浅埋区的煤系残留面积为 5562.5 km²，其中残留厚度大于1000m 的占该区

残留面积的29%（蒋河向斜、南坪向斜）；大于800m的约占6%（宿南向斜）；大于400m的占33%（临涣、涡阳一带）。深埋区石炭、二叠系残留面积为2340 km²，其中煤系残留厚度大于1100m的占该区残留面积的58%，主要为围口拗陷中的颜集次凹、倪丘次凹和三塔集次凹等。亳县凸起和古城次凸煤系残留厚度小于1100m，占该区总残留面积的31%。

本区煤系埋藏深度变化较大，从几十米至数百米或数千米不等。浅埋区中，煤系顶面埋深为0—2000m；其中煤系埋深0—100m的地区为萧县背斜以东、宿北断裂以北地区，如闸河向斜至皇藏峪复背斜一带；埋深为100—300m的地区为宿北断裂以南、丰沛断裂以东、界首-五河断裂以北地区，如蒋河向斜、宿东向斜、宿南向斜、临涣至涡阳一带，局部有埋深略超过300m的南坪向斜和宿南向斜等地。深埋区中，煤系顶面埋藏深度大于2000m，主要为夏邑-阜阳断裂以西的周口拗陷和丰沛断裂南侧的黄口沉降带等老第三系深凹部位。

石炭、二叠系经历了稳定的地台阶段和后期构造强烈变形阶段，最后又经过断块差异升降阶段而形成现今的复杂构造格局。由于煤系形成时是大面积连续分布，现今煤系形态展布完全受后期构造的影响和控制。石炭、二叠系原始沉积时的区域构造线为近东西向，燕山运动以后，又被北东、北北东向的强烈褶皱和断裂所改造，而东西向断裂仍在继续活动。这一系列东西向和北北东向断裂将淮北地区的石炭、二叠系切割成大小不同的次级构造单元。不同断裂的控制作用结果，表现煤系的次级构造形态不同，如背斜、向斜、断鼻、断块以及地垒式和地堑式的断块等。东西向的宿北断裂、界首-五河断裂和丰沛断裂控制了淮北拗陷中煤系的展布，而北北东向的固镇-长丰断裂、丰涡断裂及夏邑-阜阳断裂，控制了淮北地区由东到西的石炭、二叠纪煤系的抬升和沉降、剥蚀和保存以及浅埋和深埋。

另外，煤系赋存的基本状态还可从煤系与其上覆地层的构造发展演化关系，归纳出几种不同的特征类型：

1. 中新隆起型（或抬升型）：石炭、二叠纪煤系沉积后，在中生代和早第三纪一直处于以缓慢抬升为主，煤系上覆地层为沉积厚度不大的新第三系和第四系，煤系埋藏深度小于2000m；煤系热演化因印支—燕山运动抬升而停止，但由于岩浆活动结果，局部地区煤系热演化又再次进行，造成二次生气条件。此类型地区主要是浅埋区中的淮南北部地区。

2. 中隆新凹型：煤系沉积后，中生代以隆起为主，煤系热演化虽已停止，但由于喜马拉雅期新生代沉降幅度大，煤系再次进一步热演化，造成二次生气条件，煤系上覆地层主要为第三系，如本区西部周口拗陷的部分地区。

3. 中新沉降型：煤系沉积后，长期以沉降为主，上覆地层为中生界和新生界，煤系保存完整，煤和煤系热演化连续，具备一次生气和二次生气的有利条件，如黄口沉降带和周口拗陷的部分地区。

4. 中隆中拗型：中生代时隆起，含煤地层全部或绝大部分被剥蚀，但也有部分地段有侏罗、白垩系沉积，是否有含煤地层残留，有待进一步研究。属本类型的地区为灵璧穹断褶皱带。

第二章 淮北地区石炭、二叠纪煤系

气源岩有机地球化学特征

气源岩是造成煤成气的物质基础。煤、暗色泥岩和炭岩一般均属富含有机质的岩类。淮北地区的石炭、二叠纪煤是有机质高度集中的可燃有机岩；暗色的碳质泥岩也含有丰富的有机质，都可视为本区的气源岩。评价本区煤成气形成条件，首先应了解气源岩的生气条件。为此，主要应研究气源岩的有机质丰度，以评价其生油气的潜力；还应研究有机质类型、有机质成熟度和热演化等方面的有机地球化学特征。

第一节 气源岩发育情况

淮北地区，煤、暗色泥岩和灰岩等气源岩在本溪组、太原组、山西组、下石盒子组和上石盒子组内均有发育。残留的石炭、二叠纪煤系主要分布在固镇-长丰断裂以西，太和-五河断裂以北的一些主要向斜中，如蒋河向斜、闸河向斜、南坪向斜及宿东、宿南的向斜等；在夏邑-阜阳断裂以西的周口坳陷和砀山以北的黄口沉降带等深埋区中亦有小面积的分布。

一、本溪组

厚12—38m，在萧县、砀山一带厚度较大，向南逐渐变薄。主要岩性为灰色、灰白色、紫色含铁铝质泥岩、钙质泥岩，偶见碳质页岩和煤线；中部有一薄层灰岩。本组基本不含煤，气源岩厚度小，分布零星，不作为重要的气源岩研究对象。

二、太原组

厚110—170m，一般厚140m左右，由灰岩、粉砂岩、暗色泥岩和数层薄煤层组成。所含煤层不稳定，一般不可采；但童亭一带发育稍好，煤层总厚2—4m，单层局部可采。泥岩为深灰—灰黑色，富含有机质。作为主要气源岩的煤层及暗色泥岩约占全组总厚的1/3—1/2左右，有机质含量较高。灰岩大部分为生物碎屑灰岩，颜色为灰至灰黑色，有机质含量较低，是本区次要的生气母岩（图2-1）。

三、山西组

本组分布广泛，平均厚约100m，是主要含煤地层，含C、D两煤组。D煤组在全区稳定可采，厚度大，煤质好。C煤组不稳定，大部分地区不可采。D煤组以下岩石颜色较深，以灰黑色泥岩、粉砂岩为主，夹条带状细砂岩。D煤组以上为深灰色泥岩和粉砂岩、细砂岩互层；顶部为杂色泥岩及含铝土质泥岩；靠近D煤组顶板常发育一层中粒砂岩，局部冲刷D煤组。作为气源岩的煤层、暗色泥岩约占全组总厚的1/3（图2-2）。

四、下石盒子组

一般厚95m左右，由深灰色泥岩、粉砂岩、煤层及浅灰色砂岩组成，具明显的韵律结构，由下至上为砂岩、粉砂岩、泥岩和煤层。砂岩含菱镁矿细鲕粒，发育水平层理和小型

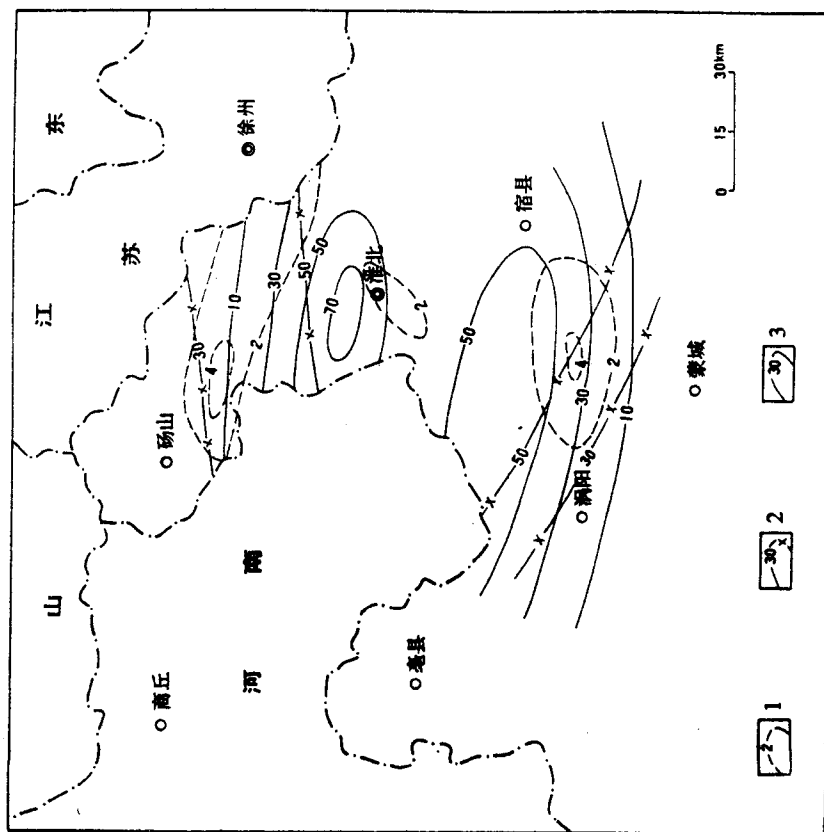


图 2-1 淮北地区太原组气源岩等厚图
1—煤层等厚线；2—灰岩等厚线；3—暗色泥岩等厚线

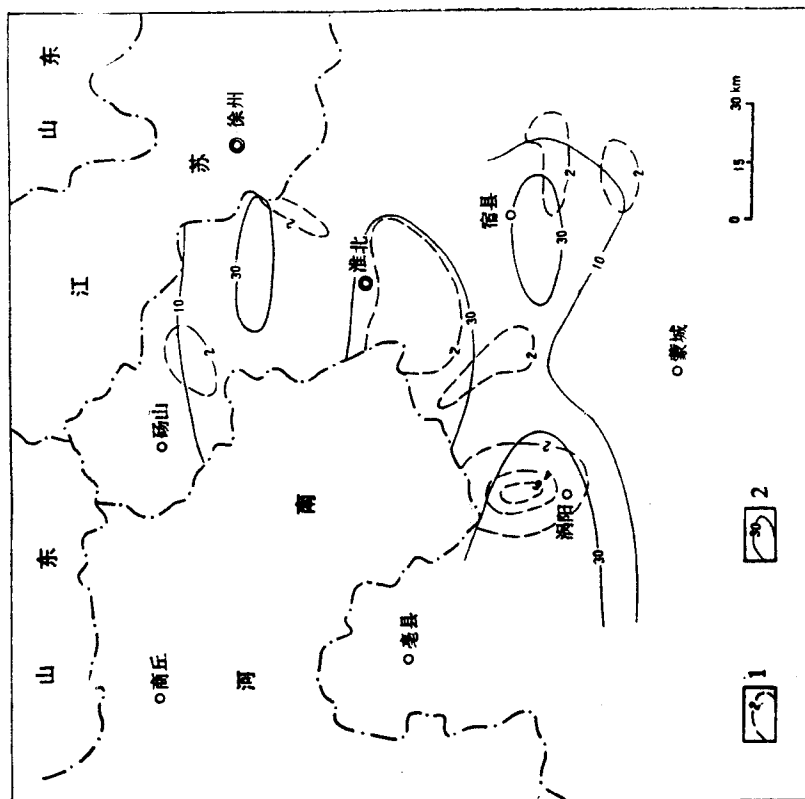


图 2-2 淮北地区山西组气源岩等厚图
1—煤层等厚线；2—暗色泥岩等厚线

交错层理。本组底部铝土质泥岩在全区稳定，常有紫斑，定为 K_2 标志层。

本组大部分泥岩、粉砂岩颜色较深，煤层顶底板多发育碳质泥岩，是重要的生气母岩。组内含 F、G、H 三个煤组。F 和 G 煤组厚度大、煤质好，H 煤组不稳定，但在宿北断裂以南地区较稳定，局部可采。暗色泥岩、煤层约占全组总厚的 $1/3$ （图 2-3）。

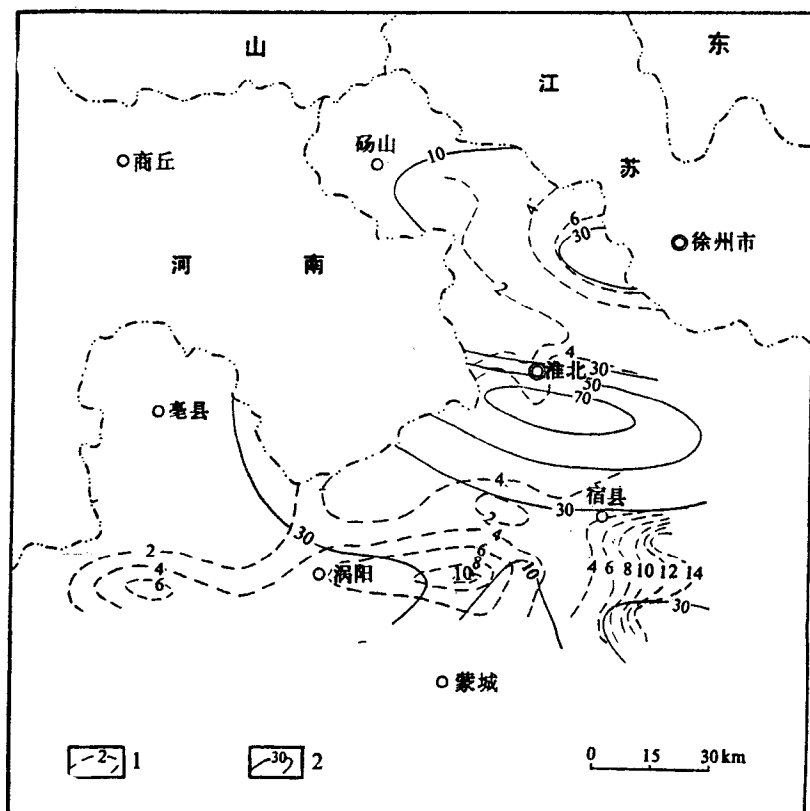


图 2-3 淮北地区下石盒子组气源岩等厚图

1—煤层等厚线；2—暗色泥岩等厚线

五、上石盒子组

本组厚 700m 左右，在两淮地区大致可分为七个含煤段。由于淮北地区含煤性差，依据颜色等特征，该组可大致分为上、下两段。下段厚 135 m，为灰色—深灰色泥岩、粉砂岩夹浅灰色细—中粒砂岩，含 I、J 两个煤组，不稳定。J 煤组在宿北断裂以南局部可采。上段厚 580 m，颜色浅，有机质含量低，一般为灰紫、青灰、灰绿色，以及肝紫色；岩性以泥岩、粉砂岩为主，夹薄—中厚层中细粒砂岩；底部为一厚层中粗粒石英砂岩，即 K_3 砂岩，为主要储集层。该段含 L、M、N 三个煤组，但在宿北断裂以北不发育，以南 L 煤组比较稳定，局部可采。上石盒子组虽然厚度大，但煤层薄，岩石有机质含量低，可作为气源岩的煤层、暗色泥岩厚度占全组比例不大，且分布范围较小。

第二节 有机质丰度

一、有机碳含量

有机质是生成油气的母质。有机质丰度是决定油气生成数量的基本条件,因此,它是评价气源岩的重要依据,是评价煤成气广泛使用的指标。含于有机质中的有机碳的含量及其变化情况是了解生气条件的一个重要方面。在我们的研究工作中,在淮北地区选择萧县蒋河向斜南端的刘桥矿区、闸河向斜中部的朔里矿区和宿县东部芦岭矿区采集了煤、暗色泥岩和灰岩样品,进行了有机碳测定;还收集了两淮地区其它矿区的煤层和泥岩的有机碳分析资料,了解了淮北地区石炭、二叠纪含煤地层的有机碳含量及其变化情况。

我们在淮北上三个地区所进行的煤和暗色泥岩等有机碳测试结果,以及其它矿区有机碳含量资料均表明,在不同矿区、不同地点所采集的样品,由于含煤地层原始沉积环境及煤的变质程度等因素的不同,有机碳含量变化比较大,煤可以从54—77%;暗色泥岩在0.27—11.64%之间变化。我们的测试结果:煤为54.48—77.24%,平均为69.16%;暗色泥岩为0.27—11.64%,平均为3.97%。太原组灰岩(在刘桥矿区ZK 511孔的太原组灰岩K₁中采集)含量甚低,为0.08%;而太原组中的泥岩有机碳含量却较高,可达4.47%,这说明太原组灰岩作为气源岩生气母质的条件,明显地较煤和暗色泥岩差。淮北地区的煤和暗色泥岩均具有较高的有机碳含量,平均值在生油岩界限之上,远远超过0.4%,与我国华北地区和鄂尔多斯盆地,甚至与世界上其它一些地区石炭、二叠系的有机碳含量相比,也是相当高的。

分析结果表明,有机碳含量随原始环境,即聚煤作用的强弱而变化。淮北刘桥地区的有机地球化学剖面(图2-4)表明有机碳含量最高的是下石盒子组,其暗色泥岩的有机碳含量可达11.64%;上石盒子组含量也低于下石盒子组,但一般高于山西组或太原组,最高达7.31%(图2-5)。

另外,从所收集到的淮南矿业学院赵师庆等在淮南地区所做的有机碳含量数据,也可看出有机碳含量与聚煤作用的关系。淮南地区泥岩有机碳含量自下而上逐渐增高。因淮南地区聚煤作用在整个上石盒子组形成时期是一直延续的,而淮北地区在下石盒子组形成时期聚煤作用达到高峰。可见,聚煤作用强度越大则有机碳含量越高(表2-1)。

如上所述,煤中有机碳丰度一方面受原始沉积条件影响,另一方面,还与煤的变质程度有密切关系。由于变质程度的增高,有机质芳核缩合作用相应增强,碳的富集程度也相应增高。一般地说,淮北地区煤的有机碳含量较淮南高,而从煤变质的分布规律看,淮北

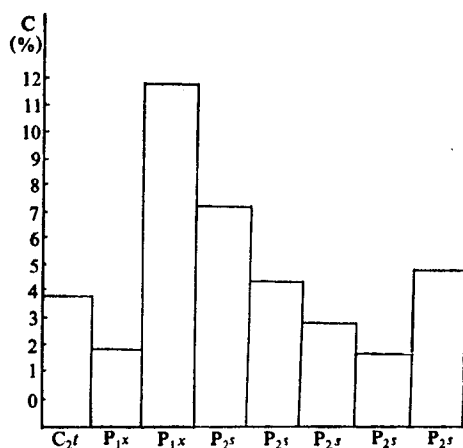


图 2-5 刘桥矿区石炭、二叠系各组段煤及暗色泥岩有机碳含量变化图
C_{2f}—太原组; P_{1s}—山西组; P_{1x}—下石盒子组;
P_{2s}—上石盒子组

表 2-1 两淮煤田石炭、二叠系有机碳含量

淮 北			淮 南		
层 位	岩 性	有机碳 (%)	层 位	岩 性	有机碳 (%)
上石盒子组	暗色泥岩	0.74	上石盒子组	暗色泥岩	6.36
	碳质泥岩	1.55—7.31/4.08(5)		碳质泥岩	40.0
	煤 (J)	62.51		煤	56.29—57.78/57.0(2)
下石盒子组	暗色泥岩	1.08	下石盒子组	暗色泥岩	5.43
	碳质泥岩	7.25—11.64/4.55(2)		碳质泥岩	13.72
	煤 (F、G)	54.48—77.22/69.52(3)		煤	51.66—62.31/56.98(2)
山西组	暗色泥岩	0.27—1.77/1.82(2)	山西组	暗色泥岩	2.21—3.87/3.04(2)
	煤 (D)	64.82—73.64/70.9(2)		煤	59.91—70.41/65.16(2)
太原组	暗色泥岩	3.92—4.47/4.19(2)	太原组	暗色泥岩	1.22—2.52/1.87(2)
	灰岩	0.08		灰岩	1.39—1.51/1.45(2)

地区北部煤的变质程度处于中—高变质阶段；淮北南部及淮南地区的煤则处于以煤的深成变质影响为主的中—低变质阶段。可见两淮地区煤和暗色泥岩有机碳含量变化规律基本上与煤的变质程度一致。

二、氯仿沥青“A”、族组分及生烃潜力

(一) 氯仿沥青“A”

氯仿沥青“A”是评价气源岩有机质丰度的另一个基本指标。根据淮北地区刘桥、朔里和芦岭等地煤和暗色泥岩的沥青质分析得知，氯仿抽提物含量也有较大的变化。暗色泥岩为0.004—0.17%，煤为0.041—1.56%。资料表明，随着成煤作用的加深和变质程度的增高，氯仿沥青“A”含量有从低向高变化的趋势，但当煤达到中、高级变质程度后，其含量又有下降的趋势。一般生油岩沥青“A”需大于0.1%，最低限为0.02—0.05%。本区含煤地层在淮北北部的刘桥地区，除太原组顶部泥岩沥青“A”含量为0.011%，小

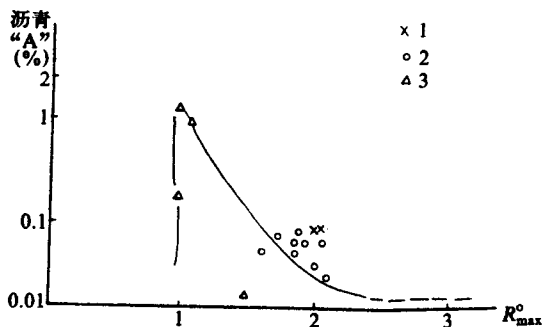


图 2-6 淮北地区煤及暗色泥岩氯仿沥青“A”含量与镜煤反射率 ($R_{\max}^o$) 关系图
× 朔里；○ 刘桥；△ 芦岭

于最低限外，山西组至上石盒子组中的暗色泥岩的沥青“A”含量为0.02—0.07%，煤层为0.07%；朔里矿区的煤为0.083—0.098%，均接近0.1%。芦岭地区山西组和下石盒子组煤层沥青“A”含量最高，为1.19—1.56%，远远超过成为生油岩的最低界限。这是因为芦岭矿区煤的变质程度恰恰是气—肥煤阶段之故。图 2-6 为氯仿沥青“A”含量与镜质组反射率 ($R_{\max}^o$) 值的关系曲线，显示了随 $R_{\max}^o$ 值的增大，沥青“A”含量急剧增加；而至中—高级阶段的瘦煤、贫煤和无烟煤时，沥青“A”含量又逐步下降。