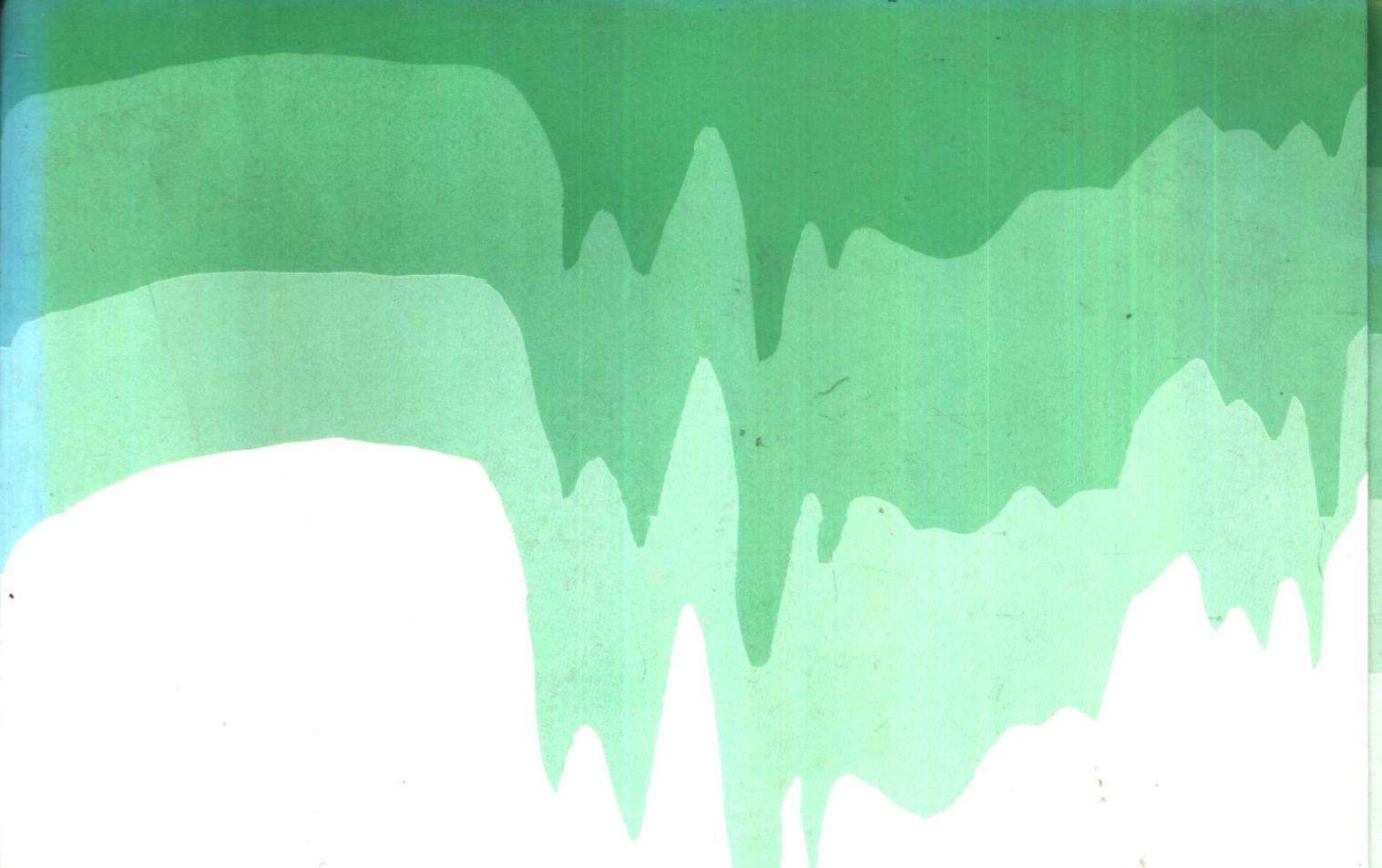




鄂尔多斯盆地 南部早中侏罗世 聚煤特征与 煤的综合利用

庄军 吴景钧 等著

地质出版社



0712.110.6

2-424

鄂尔多斯盆地南部早中侏罗世 聚煤特征与煤的综合利用

庄 军 吴景钧 张 群 解光新
范士忠 张科选 靳秀良 徐洪展
解艳玲 熊存卫 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

857551

- 53

内 容 提 要

本书应用了沉积学、岩石矿物学、煤岩煤化学、地层古生物学、构造地质学、地球化学、遥感地质学、化探等学科,对黄陇煤田暨华安矿区延安期含煤地层的古生物组合及孢粉学、孢粉生态学、煤层对比、沉积环境、聚煤作用、主要煤层的煤岩和煤质特征、主煤层厚度变化规律及控制因素、巨厚煤层形成机制、富惰质体煤的成因及应用方向、煤油共存的成因、遥感地质和化探的判释及其在煤田地质工作中的应用等内容进行了综合性的研究,取得了新的进展和认识。

本书研究范围广,内容丰富,不仅对本区和类似地质条件地区的煤田预测、地质勘探、煤炭资源加工利用具有实际指导作用,而且在成煤理论方面,对科研、教学等亦有重要参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

鄂尔多斯盆地南部早中侏罗世聚煤特征与煤的综合利用/庄军等著.-北京:地质出版社,1996.3

ISBN 7-116-02036-5

I. 鄂… I. 庄… II. ①煤田-矿物标型特征-鄂尔多斯. 侏罗纪②综合利用-煤,鄂尔多斯煤田 N. P618.110.622.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第21954号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路29号)

责任编辑:尹善春 伦志强

*

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092¹/₁₆ 印张:16.375 铜版页:15 字数:443 000

1996年3月北京第一版·1996年3月北京第一次印刷

印数:1—300册 定价:30.00元

ISBN 7-116-02036-5

P·1537

前 言

本书为“黄陇煤田聚煤特征与资源综合评价”课题研究成果的缩影。研究区地处我国东西部的枢纽地带,是我国暨陕甘两省重要能源基地。总面积为 $11 \times 10^4 \text{ km}^2$,煤炭蕴藏量达34Gt(陕西28.5Gt,甘肃5.6Gt)。据1990年底资料,全区煤炭产量已达10Mt/年。研究区目前分为四个矿区(店头、焦坪、彬长和华安),不论是勘查程度还是开发规模,不同矿区差别较大,店头矿区南部、焦坪矿区东部和华安矿区勘查程度高,开发规模大。随着国家能源建设向西部转移,“七五”之后,国家就投入了数十亿元对华安、彬长和店头矿区进行勘查和开发。到本世纪末,无疑将成为我国重要煤炭基地之一。

本区虽然已作了长期的勘查和开发利用工作,但研究程度不高,缺乏系统、深入的分析研究工作,仅对含煤地层的划分对比和零星地区沉积特征进行了研究,而对主要可采煤层的编号、对比不统一;对主要可采4煤层的厚度、煤质变化特征不清;对富惰质组煤层的成因和加工利用最佳方案、巨厚煤层形成机理等问题几乎仍为空白。针对上述问题,本项目进行了有目的、较深入的研究,并取得了某些新的认识和进展。

在研究过程中,应用了煤田地质学、沉积学、地层古生物学、孢粉学、煤岩学、岩石矿物学、地球化学、遥感地质等学科,综合研究了延安组含煤地层的特征,并借助中国煤科院西安分院和兄弟单位先进的测试仪器,取得了大量的、可靠的试验数据,为本区今后的勘查和开发利用提供了有效的依据,为国家对本区的建设,提供了一份系统的、可用的资料。

本书编写分工为:庄军负责含煤地层沉积作用、岩矿、地化、煤层和煤质工作,并作最后的串统和编排;吴景钧负责孢粉及地层划分对比工作;张群负责煤岩及富惰质组煤成因的研究工作;解光新负责化探及部分地质图件的编制工作;解艳玲负责岩石粒度分析工作;张科选负责煤加工利用的工作;范士忠、靳秀良、徐洪展和瞿联锋负责遥感地质研究工作。在课题的执行过程中,因工作需要,熊存卫参加了部分野外地质调查和大化石的鉴定工作;滕辉参加资料收集和部分野外工作;任忠胜参加了资料收集、部分野外工作和X衍射的测试工作;徐兢作了部分有机地球化学的测试工作;陈沐秋参加了部分野外调查和采样工作;段宗怀分析了部分孢粉样工作。各项测试、描图、照相、磨片、制样等工作均由煤科院西安分院地质所职工完成。中国科学院地球化学研究所、地矿部石油海洋地质局化探培训中心和陕西省地矿局化实验室测定了部分项目。

在野外工作中,承蒙陕西省煤田地质局194队、186队及甘肃省煤田地质局146队有关同志的大力支持和帮助。

本书经过杨起、金奎励教授,王煦曾、赵宗沛高级工程师(教授级),刘刚峰、许泰伦、王双明、毛树仁、赵景斌高级工程师等的认真审评,提出了许多宝贵意见;全书工作是在高级工程师、所长白清昭同志领导下进行的,在此一并表示衷心的感谢。

目 录

前言

1 概论	1
1.1 研究区地理位置及交通条件	1
1.2 前人工作及存在的问题	2
1.3 技术途径与工作内容	3
1.4 取得的重要成果	3
2 研究区地质特征	5
2.1 地层层序及其划分与对比	5
2.2 构造形迹	16
3 延安组古生物群面貌	18
3.1 孢粉组合特征及时代	18
3.2 延安组动、植物化石组合	41
4 煤层特征	44
4.1 煤层	44
4.2 煤岩	50
4.3 煤质及煤种	72
5 延安组聚煤环境及成因标志	79
5.1 成因标志	79
5.2 古生物群特征与古气候	119
5.3 延安期含煤地层的沉积环境及演化	121
5.4 沉积模式与富煤带的展布	136
5.5 控制4煤层厚度变化的主要因素	139
6 煤相及孢粉相	146
6.1 煤相	146
6.2 孢粉相	155
7 巨厚煤层形成机制及富情质体煤的成因	161
7.1 巨厚煤层形成机制	161
7.2 富情质体煤的顺磁共振特性及其成因	167
7.3 焦坪地区煤系中煤油共存的成因	175
8 遥感技术在煤田地质研究及勘探中的应用	182
8.1 研究区区域构造背景	182
8.2 遥感地质解译	184

8.3	研究区构造特征·····	186
8.4	彬长矿区遥感地质·····	192
8.5	构造控煤作用·····	195
8.6	小结·····	199
9	勘查地球化学试验研究·····	201
9.1	研究目的及方法·····	201
9.2	煤成烃及形成机制·····	202
9.3	含煤地层勘查地球化学·····	205
9.4	烃类组成的成因·····	213
9.5	垂直运移特征·····	215
9.6	勘查地球化学在煤田地质勘探中的应用前景·····	217
10	煤的综合利用及评价·····	219
10.1	煤炭资源量、煤种及煤的工艺性质·····	219
10.2	煤质主要指标在基础理论和加工利用研究中的意义·····	222
10.3	显微煤岩类型的性质和煤岩学研究在工业中的应用·····	227
10.4	气化用煤的最佳工艺流程·····	231
10.5	活性炭用煤的要求及工艺流程·····	235
10.6	炼焦配煤·····	240
10.7	半焦用煤·····	240
10.8	型焦用煤·····	241
10.9	其它用煤要求及方向·····	241
10.10	黄陇煤田煤的应用最佳方案的选择·····	243
	结语·····	245
	主要参考文献·····	246
	英文摘要·····	248
	图版说明及图版·····	250

1 概论

1.1 研究区地理位置及交通条件

本研究区包括黄(陵)陇(县)煤田和华(亭)安(口)矿区,位于陕西省中部和甘肃省东部(图 1-1)。北起富县葫芦河,向南经黄陵店头矿区、焦坪矿区折向西为旬邑县、彬(县)长(武

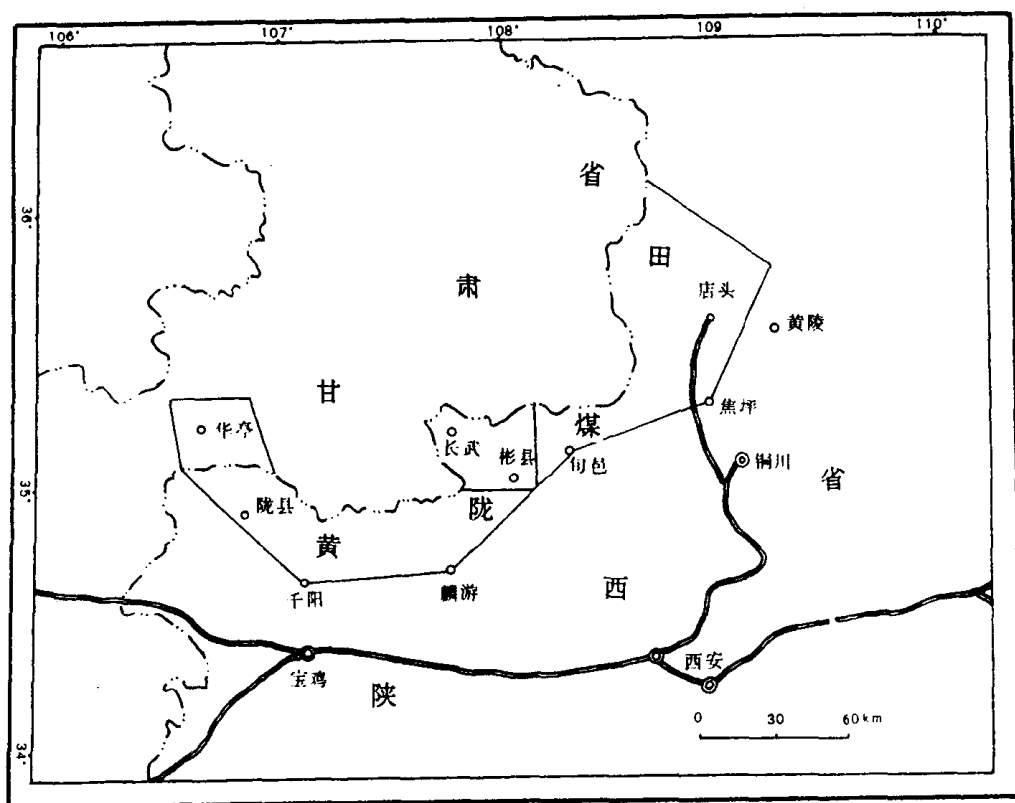


图 1-1 研究区交通位置图

县)矿区、永寿县、麟游县、千阳县、陇县,再转向西北进入甘肃省的崇信县安口镇及华亭盆地,其西界和北界为甘陕省界。沿走向长 320km,宽约 35km,总面积达 $1 \times 10^3 \text{ km}^2$,地理坐标为东经 $106^\circ 30' - 109^\circ 10'$,北纬 $34^\circ 37' - 36^\circ 5'$ 。

本区地形总体为多山丘陵和黄土高原的沟壑梁发育区。西部为六盘山脉,南部为北山山脉,其中岐山海拔为 1651m,五峰山和嵯峨山海拔均高于 1400m。店头矿区的西部子午岭呈南北走向,为甘陕分界山脉,主峰海拔高 1687m。研究区的东段为东低西高,西段为南高北低,向盆地呈逐渐降低的趋势。

1.2 前人工作及存在的问题

本区煤炭资源的最早开发利用,据已有文字查证是明朝早期(实际更早),之后一直不断有小煤窑采掘。解放前以王竹泉、潘钟祥教授为代表的地质学家,对本区含煤地层的时代作了先导性的研究工作。而真正开展大量的勘查和研究工作是解放以后,先后有陕西省煤田地质局的 194、139、186、185、187 队和甘肃省煤田地质局的 145、146、134、149、191 等队,以及延安地质队、矿务局地质队等 10 余个单位对本区进行了地质填图、勘查等各种地质工作,提交了 50 余份地质报告。但总的勘查程度不高,而且主要集中于浅部,广大地区仅为普查甚至为空白(见图 1-2)。

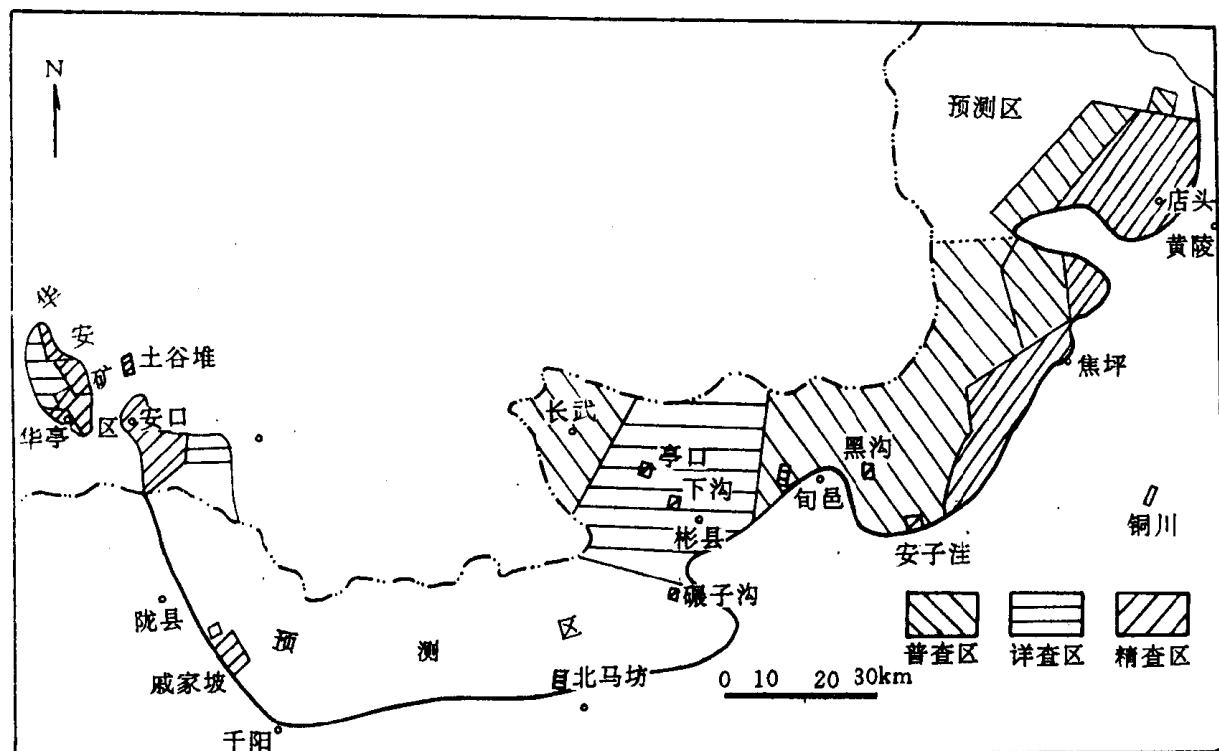


图 1-2 黄陵—华亭煤产地工作程度图

近年来,石油、地矿部门及高等院校、科研单位等对鄂尔多斯盆地不同地质时代的不同内容作了大面积的骨架性的研究,如张抗的“鄂尔多斯断块构造和资源”(1989),宋国初等的“陕甘宁盆地侏罗系富县组和延安组下部沉积相研究总结”(1979),地矿部三普的“陕甘宁盆地石油普查地质成果总结”和地科院地质所的“陕甘盆地中生代地层古生物”等研究。上述研究的共同特点是面积大,以整个鄂尔多斯盆地为目标,故广度有余而深度不足,尤其对聚煤作用或煤田地质方面的内容涉及甚少或根本就没有提及。煤炭部门研究较早的单位是194队的“黄陇煤田侏罗系沉积特征、时代划分与对比”(1982),以及本分院地质所的“鄂尔多斯盆地聚煤特征”(1985)等的研究,但对主要可采煤层的沉积特征、厚度变化规律、富煤质体煤的成因等仍未涉及或涉及甚少。因此从总体上看,以往对本煤田延安组中的巨厚煤层、煤的性质、加工利用方向等的研究甚少或不够深入,对某些最基本的问题缺乏有说服力的、系统

的认识。如① 对主要可采 4 煤层的厚度、煤质变化规律不清,对比混乱,无全区性统一的煤厚变化图件;② 对本区巨厚煤层的形成条件及控制因素缺乏有说服力的研究成果;③ 对富惰质体煤、烛煤的成因及最佳应用方案的研究几乎为空白;④ 对本区多煤种(长焰煤、不粘煤、弱粘煤、气煤和气肥煤)的主要成因、分布特征的研究极少。

另外,对煤油共存、煤的自然、烛藻煤、藻烛煤的成因等问题研究不深,看法不一。尤其对煤的自然问题,以往认为是煤中硫、磷含量高所引起的,有的认为是煤岩成分造成的。通过这次调查和研究结果表明,许多地方煤中全硫含量小于 0.5%,磷含量小于 0.05%,这两种元素含量在其它煤田中要高得多而不是或不会造成煤的自然,可本区煤的着火期一般都在 3—6 个月,井下、煤堆都是如此,可以否定是硫磷作用所引起的。该问题由于工作量大、时间长、耗资高,本次研究中未敢问津这一对煤矿开采威胁巨大、经济损失惊人的现实问题。

1.3 技术途径与工作内容

根据上述存在的问题,本书采用如下技术途径及工作方法:

以孢粉学为主导,结合古植物学和解剖学,不仅对含煤地层进行全面研究,而且突出了对煤层的详细研究(按煤岩类型),分析其纵横方向的变化;同时研究孢粉的生态学,分析古沼泽、古气候、古植物群面貌,并提出成煤质料与煤岩之间的关系。

从岩石矿物学、沉积学、煤岩煤化学、有机地球化学、同位素地质学和构造学等,分析研究聚煤作用环境、煤层厚度、煤岩煤质的变化规律及控制因素,尤其是巨厚煤层的形成条件及机理,古泥炭沼泽中水动力条件,水化学性质以及泥炭沼泽类型及其演化过程。

从煤岩显微组分、煤质特征,煤层微构造等,辅之有机地化、顺磁共振的研究,探讨了富惰质煤的成因、煤相类型及演变特征。

对本区具有特色的富惰质煤,通过试验研究以及本区和邻区同类煤种的利用实例,提供最佳利用方案。

应用遥感地质、化探技术,探寻覆盖、半覆盖区找煤和勘探的新途径,以提高本区煤田地质工作效率;通过遥感图像的判译,圈定和发现新的构造形迹,为勘探和采矿工作的部署提供新的依据。而且遥感图像可以清晰地提供地貌、水文的详细信息。

表 1-1 工作内容及工作量

工作 内容	实测 观察 剖面	下矿 及调查 矿点	岩矿 鉴定	岩石粒 度分析	有机地 化分析	同位素 分析	微量 元素	电镜	粘土样	化探样
工作量	28 条	18 个	441 片	241 片	33 个	57 个	86 个	15 个	104 个	23 个
工作 内容	煤质 分析	X 衍射	植物 化石	动物 化石	煤岩光 薄片	顺磁 共振	岩石孢 粉样	煤孢 粉样	土方	
工作量	43 个	71 个	181 块	37 块	155 个	47 个	210 个	134	1200m ³	

在室内研究中采用了最新的先进大型仪器,如电子探针、顺磁共振、光栅光谱、红外光谱、荧光光谱、色谱、质谱、X 衍射、各种微机等。

本次研究工作内容及工作量见表 1-1。通过上述工作,获得了数十万个有用的分析数据,为分析成煤作用等问题,提供了可靠的证据。

1.4 取得的重要成果

第一,在孢粉研究深度上,是目前国内第一次。它按煤的分层、煤岩类型连续采样分析,并通过对孢粉学和生态学的研究,为成煤物质提供了最直接的依据。而且对 4 煤层的沉积、古气候的变化分出了 13 个亚期。另外,对本区大量出现的 *Classopollis* 分子进行了探讨,提出与前人不同的看法。

第二,首次对比清楚了 4 煤层层位,并作出煤层等厚线图,阐明了其变化规律,为总体分析全区聚煤特征及煤岩、煤质的变化特征打下了基础,同时为勘探和采矿部署提供了整体分析资料。

第三,对巨厚煤层(4 煤层)的聚煤条件及形成机理首次提出了见解。认为巨厚煤层的形成有两个主要因素,即基底低洼处丰富的成煤物质补给与稳定的、长期的地壳沉降保持平衡以及低位沼泽与中高位沼泽多次叠加。

第四,富惰质体煤的成因及最佳利用方向经顺磁共振等测试证明,本区惰质体主要是由于泥炭沼泽覆水浅,或水活动性较强,以氧化、弱氧化的成因为主,而火焚成因极微。这种煤的利用方向以坑口发电或气化为最佳。

第五,孢粉与煤岩研究的结合,提出了本区 4 煤层成煤物质与煤岩的关系,并从纵横方向上阐述了由于古气候、古地理的演变导致古植物群的变化,再由于不同质料的抗风化(氧化)能力和煤化程度的不同,而形成了不同的煤岩组分和类型。

第六,聚煤环境总体为巨型内陆湖盆,成煤是围绕湖心(深水区)向外至浅湖、滨湖、湖坪而逐渐有利,最佳为湖坪区。本次将研究区的聚煤环境分为三个类型,即滨湖浅覆水区、湖坪断续覆水区和西部单断陷浅覆水区。而以前者覆水较深,向北变为浅湖。

第七,初步应用遥感地质和化探新技术,对找煤、隐伏构造、地貌等提供了新信息。判译数十条过去尚未发现的断裂和环形构造。清晰的地貌和水文遥感图件,可以作为勘查工作中布置钻孔、水源供给和公路选线的依据。化探研究,为隐伏煤田的找寻和钻孔见煤预告提供了有用的新手段。

第八,研究认为本区富惰质体煤的加工利用,以作气化用煤最好。因为在气化的整个过程中,碳元素始终起着重要的、不可少的作用,如 $2C + O_2 = 2CO$, $C + H_2O = CO + H_2$, $C + 2H_2 = CH_4$ 等,而富惰质体煤中的碳含量较同级的富镜质体煤高。另外,富惰质煤主要是丝炭含量较高,丝炭的性质近似于木炭特性而具有吸附能力,经试验,富惰质体煤与富镜质体煤在同等条件下制成的活性碳,其性能前者较后者好。

2 研究区地质特征

2.1 地层层序及其划分与对比

本区成煤时代为早中侏罗世延安期。其基底为三叠系延长群和下侏罗统富县组,顶部为中侏罗统直罗组 and 上侏罗统芬芳河组以及白垩系、第三系和第四系。煤田的南、西部还出露有元古宇和古生界。

延安组的划分方法各家大同小异,目前多数人沿用了延安组的底界为灰色含砾(砂)质高岭石质泥岩之底或为灰白色含砾粗砂岩的底部,与下部独具特色的含铝质、含菱铁质鲕粒的杂色泥岩(富县组)相区别。顶界为杂色、浅灰白色、呈巨厚层状,风化后为松散状的含细砾粗砂岩的底界。经这次研究之后,本文同意这一划法,并加以运用。

延安组为一套河流—湖泊体系沉积的陆相含煤地层。其厚度为 0—340m,一般 60—80m,华安和店头矿区北部较厚,达 150m 左右。含煤 1—10 层,全区稳定可采 1 层,西部局部可采 1—4 层。底界与富县组为连续沉积(大区域为超覆关系),与上部直罗组呈假整合关系,由于直罗组底界砂体的强烈冲刷作用,使延安组残缺不全(图 2-1)。

2.1.1 延安组层序

为了搞清延安组层序、沉积环境、聚煤特征、成煤质料及古生物面貌等,选择了具代表性的、出露较好的富县葫芦河、彬县百子沟、焦坪露天矿、华亭策底、黄陵鲁寺等 9 条剖面进行了实测,并编录了黄陵香房井田 F_{15} 孔和彬县大佛寺井田 D_4 孔剖面,采集了各门类化石标本。对焦坪露天矿、黄陵车村矿、胡家沟矿、旬邑百子沟矿、麟游北马坊矿、华亭策底红旗煤矿等的主采 4 煤层,按宏观煤岩类型分别采取了煤岩、孢粉样和各种化验测试样品。

彬县百子沟剖面

上覆地层:中侏罗统直罗组含砾粗砂岩

-----假整合-----

延安组第三段($J_{1-2}y^3$)

- | | |
|---|----------|
| 35. 杂色铁质云母质泥岩。碎屑 40%,其中云母 35%,石英等 5%。基质 60%,其中铁质 25%,高岭石、水云母 35%。夹粉砂岩透镜体,下部为粉砂岩,石英 81%,长石 15%,其他 4%,杂基 17%。 | 厚 11.00m |
| 34. 灰色含铁质粉砂质泥岩,夹细粉砂岩。碎屑 40%—80%,以石英、云母为主;基质 20%—60%,为高岭石、水云母、赤铁矿、褐铁矿等。 | 厚 0.85m |
| 33. 浅灰色含砾不等粒长石石英杂砂岩。石英 81%,复石英以花岗岩型为主,长石 18%,以钾长石为主,部分粘土岩化,云母少量;杂基为高岭石占 18%,孔隙式胶结。 | 厚 1.30m |
| 32. 灰褐色细粉砂质云母泥岩。碎屑 40%,局部较多,其中云母 25%;基质为高岭石和水云母 60%,胶结物铁质 3%。 | 厚 0.3m |
| 31. 黑色含细粉砂质泥岩。碎屑 15%—20%,为石英和云母;炭质 3%,高岭石 50%。本层含孢粉化石: <i>Cyathidites minor</i> 33.5%, <i>Osmundacidites</i> 22.5%, <i>Auritulinasporites</i> 5%, | |

- Granulatisporites* 3.5%, *Cyclogranisporites* 和 *Biretisporites* 各 2.5%, *Perinopollenites* 4%, *Classopollis* 8%, 双囊花粉 7.5%。 厚 0.40m
30. 灰黑色云母质长石石英粗粉砂岩, 石英 70%, 钾长石 15%, 云母 10%, 炭质 5%。 厚 0.4m
29. 灰白色微粒长石石英杂砂岩, 石英 77%, 复石英为花岗岩型, 长石以钾长石为主, 部分高岭石化, 黑云母多绿泥石化; 杂基 17%, 为高岭石和水云母, 孔隙式。本层含孢粉化石, 主要有: *Cyathidites minor* 28.5%, *Granulatisporites* 9%, *Cyclogranisporites* 8%, *Osmundacidites* 9.5%, *Biretisporites* 6.5%, *Converrucosisporites* 4%, *Classopollis* 8.5% 等。 厚 1.50m
28. 灰白色中—细粒长石石英砂岩, 含石英 75%, 复石英为花岗岩型, 片岩型; 长石 23%, 以钾长石为主, 部分粘土岩化, 少量蚀变火成岩, 重矿物为锆石; 杂基 12%, 为高岭石; 胶结物为铁质, 占 5%。 厚 7.00m
27. 深灰色含有机质细粉砂岩。碎屑 80%, 以石英、云母为主。含黄铁矿团块, 有机质 5%, 杂基 20%, 以高岭石为主, 孔隙式。 厚 0.80m
26. 深灰色细粉砂质含有机质泥岩。碎屑 15%, 主要为石英、云母, 有机质 5%, 高岭石和少量白云母占 80%。本层含植物和孢粉化石。植物化石: *Coniopteris hymenophylloides* (*Brongniart*) Seward, *Sphenarionlatifolia* (*Turutaonva-Keotva*) Harrs, *Phoenicopsis speciosa* Heer, *Cladophlebis* sp., *Eboracia lobifolia* (*Phillips*) Thomas. 主要孢粉化石有: *Cyathidites minor* 40.5%, *Granulatisporites* 4.5%, *Cyclogranisporites* 3.3%, *Osmundacidites* 11%, *Auritulinasporites* 4.3%, *Converrucosisporites* 2.3%, 双囊花粉 5.5%, *Classopollis* 5.8% 等。 厚 3.20m
25. 灰白色含砾巨—粗粒长石石英砂岩。石英 80%, 其中复石英 45%, 成分有花岗岩型, 片岩型, 石英岩型等; 长石 14%, 为微斜和条纹长石, 多粘土岩化和碳酸盐化; 岩屑 3.5%, 为蚀变火成岩, 石英片岩, 粘土岩等; 云母、重矿物少见; 杂基(高岭石)8%。胶结物 3.5%, 为方解石, 孔隙式。 厚 2.80m
24. 浅灰色细粒长石石英砂岩。石英 77%, 长石 20%, 为钾长石和斜长石, 个别粘土岩化和绢云母化; 白云母新鲜, 黑云母铁化和绿泥石化; 重矿物为钛铁矿、白铁矿; 杂基为高岭石 13%, 胶结物 5%, 为铁质, 孔隙式。 厚 2.20m
23. 灰白、浅灰色含砾粗砂岩。石英 76%, 复石英为花岗岩, 片岩和石英岩, 长石 21%, 以钾长石为主, 多粘土岩化, 绢云母化; 岩屑 3%, 有蚀变火成岩、片岩、粘土岩等。重矿物为锆石, 电气石。杂基 9%, 为高岭石。胶结物为方解石占 3.5%, 孔隙式。底部夹煤线中含孢粉化石, 主要有: *Cyathidites minor* 24%, *Granulatisporites* 12%, *Cyclogranisporites* 11.5%, *Perinopollenites* 12%, *Granaspores* 13.5%, *Classopollis* 2.5% 等。 厚 7.00m
- 延安组第二段(J₁₋₂Y²)
22. 灰色细砂岩和粉砂质泥岩。下部为中—细粒长石石英杂砂岩, 石英 77%, 长石 17%, 云母 8%, 杂基 16%; 上部为粉砂质泥岩, 碎屑占 35%, 为石英、云母和长石, 基质 65%, 以高岭石为主。本层含孢粉化石, 主要有: *Cyathidites minor* 54.5%, *Granulatisporites* 9%, *Verrucosisporites* 4.5%, *Neoraistrickia* 4.5%, *Reticulatisporites* 4%, *Cyclogranisporites* 2.5%, *Punctatisporites* 3% 等。 厚 3.30m
21. 深灰色细粉砂质泥岩。含大量植物化石碎片, 产孢粉化石, 主要有: *Cyathidites minor* 14%, *Osmundacidites* 26.5%, *Cyclogranisporites* 13.5%, *Granulatisporites* 9.5%, *Converrucosisporites* 8%, *Perinopollenites* 8.5%, *Granaspores* 5.5%, *Cycadopites* 3%, *Classopollis* 1% 等。 厚 1.70m

20. 深灰色中—细粒长石石英砂岩。石英 80%，其中复石英占 50%，长石 16%，云母 3%，黄铁矿 2%，胶结物为方解石 17%，下部为深灰色泥岩。厚 1.10m
19. 灰色不等粒长石石英杂砂岩。含石英 82%，长石 16%，云母 2%；杂基 30%，基底式胶结。上部有 0.5 米炭质泥岩，含孢粉化石，主要有：*Cyathidites minor* 46%，*Cyathidites* sp. 8%，*Neoraistrickia* 6%，*Reticulatisporites* 5%，*Punctatisporites* 和 *Converrucosisporites* 各占 4%，*Anulispora* 3%，*Classopollis* 2% 等。厚 1.70m
18. 煤层，地表为采空区。厚 1.00m
17. 黑色粉砂质泥岩夹细砂岩条带，碎屑 30%，基质 70%（有机质 8%），上部为细砂岩，石英 77%，长石 20%，杂基 13%。本层产植物化石和孢粉化石。植物化石：*Sphenarion latifolia* (*Turutaonva-Keotva*) Harrs, *Phoenicopsis* (*Stephenophyllum*) *enissejensis* Samylina。孢粉化石主要有：*Cyathidites minor* 7.5%，*Osmundacidites* 23%，*Granulatisporites* 14.5%，*Cyclogranisporites* 14%，*Granaspores* 5%，*Perinopollenites* 4.5%，*Cycadopites* 2.5%，双囊花粉 11.5%，*Classopollis* 3%。厚 0.65m
16. 浅灰色中—细粒长石石英砂岩。石英 76%（复石英 6%）；长石 21%，云母 3%，杂基 13%，胶结物为方解石占 2%。厚 1.80m
15. 黑色含炭质粉砂质泥岩。碎屑 40%，高岭石 55%，炭质 5%。产植物化石：*Anomozamites* sp., *Coniopteris* sp. 孢粉化石主要有：*Cyathidites minor* 33%，*Osmundacidites* 22%，*Granulatisporites* 和 *Converrucosisporites* 各占 6%，*Neoraistrickia* 4%，*Granaspores* 和 *Chasmatisporites* 各 2%，*Pristinuspollenites* 3% 等。厚 0.23m
14. 深灰色微粒长石石英杂砂岩。石英 78%，长石 18%，云母 4%，含黄铁矿。杂基 18%。本层含孢粉化石，主要有：*Cyathidites minor* 21.5%，*Osmundacidites* 14.5%，*Cyclogranisporites* 10.5%，*Granulatisporites* 6.5%，*Duplexisporites* 2%，*Perinopollenites* 5%，*Granaspores* 3.5%，*Piceites* 4%，*Alisporites* 3%，*Pinuspollenites* 4.5%，*Quadraeculina* 2.5%，*Classopollis* 2% 等。厚 2.00m
13. 浅灰色富含铁质微粒长石石英砂岩。含石英 75%，长石 18%，岩屑 5%，杂基 13%，胶结物为黄铁矿、赤铁矿 15%。厚 0.50m
12. 深灰色细—粉砂岩。石英 80%，长石 17%，云母等 4%。杂基 6%，胶结物为黄铁矿 15%。本层含植物和孢粉化石。植物化石为：*Phoenicopsis* (*Stephenophyllum*) *enissejensis* Samylina, *Coniopteris hymenophylloides* (*Brongniart*) Seward, *Desmiophyllum* sp., *Cladophlebis hirta* Moeller, 主要孢粉化石有：*Cyathidites minor* 19.5%，*Osmundacidites* 11%，*Granulatisporites* 7.5%，*Cyclogranisporites* 5%，*Converrucosisporites* 4.5%，*Psophosphaera* 4%，*Granaspores*, *Perinopollenites*, *Piceites*, *Piceapollenites*, *Quadraeculina* 各 3%，*Pinuspollenites* 5%，*Pristinuspollenites* 2.5%，*Classopollis* 3% 等。厚 1.70m
11. 浅灰色细—微粒长石石英砂岩。石英 82%，长石 12%，云母、岩屑 6%，杂基 8%，胶结物 16%。厚 0.60m
10. 灰白色中粗粒长石石英砂岩。含石英 84%，（其中复石英 44%），长石 12%，云母 3%，其他 1%，杂基 10%，胶结物 8%。厚 1.00m
9. 深灰色细粒长石石英砂岩。石英 86%，长石 12%，云母、岩屑等 2%，杂基 13%。夹黑色泥岩，含植物碎片化石，产孢粉化石，主要有：*Cyathidites* 3.5%，*Cyclogranisporites* 4.5%，*Granulatisporites*, *Converrucosisporites* 各 3.0%，*Granaspores* 8.0%，*perinopollenites* 4.5%，*Cycadopites* 15.0%，*Chasmatisporites* 5.0%，双囊花粉含 24%，*Classopollis* 18% 等。厚 0.5m

8. 灰白色含砾中粗粒长石石英砂岩。石英 83%，(其中复石英 50%)，长石 15%，岩屑、云母 2%。杂基 11%，胶结物方解石为 10%。

厚 4.00m
7. 灰、深灰色钙质细粒长石石英砂岩。石英 86%，长石 12%，云母等 3%。杂基 5%，胶结物方解石 20%。夹细粉砂质泥岩，其中含孢粉化石，主要有：*Cyathidites minor* 10%，*Granulatisporites* 10%，*Cyclogranisporites* 5.5%，*Osmundacidites* 8.5%，*Perinopollenites* 7.5%，*Psophosphaera*，*Granaspores* 各 3.5%，*Cycadopites* 3%，*Pinuspollenites* 5%，*Piceites* 4%，*Protoconiferus* 3%，*Pristinuspollenites* 3%，*Quadraeculina* 2.5%，*Classopollis* 1% 等。

厚 5.00m
6. 灰色细粒长石石英砂岩。石英 87%，以单石英为主，长石 11%，以条纹、微斜长石为主、少量斜长石；云母、岩屑 2%。杂基 6%，胶结物铁质 15%，基底式，颗粒支撑。

厚 3.80m
- 延安组第一段 (J₁₋₂y¹)

5. 灰色微粒石英杂砂岩。石英 98%，以单石英为主，其他 2%，杂基 16%。

厚 1.55m
4. 4 煤(井下可分为 2 层)。

厚 2.30m
3. 黑色不等粒砂质泥岩。碎屑 30%—40%，分选极差($d=0.2-0.032\text{mm}$)，基质高岭石 60%—70%，含黄铁矿和有机质；产植物根化石。

厚 0.20m
2. 同 33 层，但不含植物根化石。

厚 0.70m
1. 灰色含砾菱铁质泥岩。石英粒径>1cm，可见铝土质、菱铁质鲕粒，杂基以高岭石为主。

厚 1.00m

本段由于地表风化较强，未分析出孢粉化石，但在百子矿井下相当层段分析出大量孢粉化石，其主要分子的平均含量为：*Cyathidites* 37.6%，*Deltoidospora* 4.1%，*Granulatisporites* 7.8%，*Osmundacidites* 4.7%，*Cyclogranisporites* 3.29%，*Lycopodiumsporites* 1.43%，*Neoraistrickia* 1.21%，*Perinopollenites* 3.87%，*Granaspores* 1.84%，*Cycadopites* 3.61%，双囊花粉 5.9%，*Classopollis* 16.03% 等。

——— 整 合 ———

下伏地层：下侏罗统富县组杂色微粒石英杂砂岩和含菱铁质鲕粒紫斑泥岩互层。

2.1.2 地层划分与对比

本区地层区划属于华北地层区鄂尔多斯盆地地层分区的南部。前人对盆地中下侏罗统延安组做了大量的地质工作，提出了几种划分意见(见表 2-1、图 2-2)。本文根据延安组的岩性、沉积旋回、含煤性及孢粉组合等特征认为，将延安组划分为四段是比较合适的。

表 2-1 鄂尔多斯盆地中下侏罗统富县组、延安组划分对照表

地矿部第三普查大队 1974		陕西省地矿局区调队 1983		甘肃省煤炭系统 1976		陕西省 194 队 1983		本书 1992	
直罗组		直罗组		直罗组		直罗组		直罗组	
延安群	第五段	延安组	枣园段	华亭群	第四组	延安组	第四段	延安组	第四段
	第四段				第三组		第三段		第三段
	第三段				第二组		第二段		第二段
	第二段				第一组		第一段		第一段
	第一段	富县组		富县组		富县组		富县组	

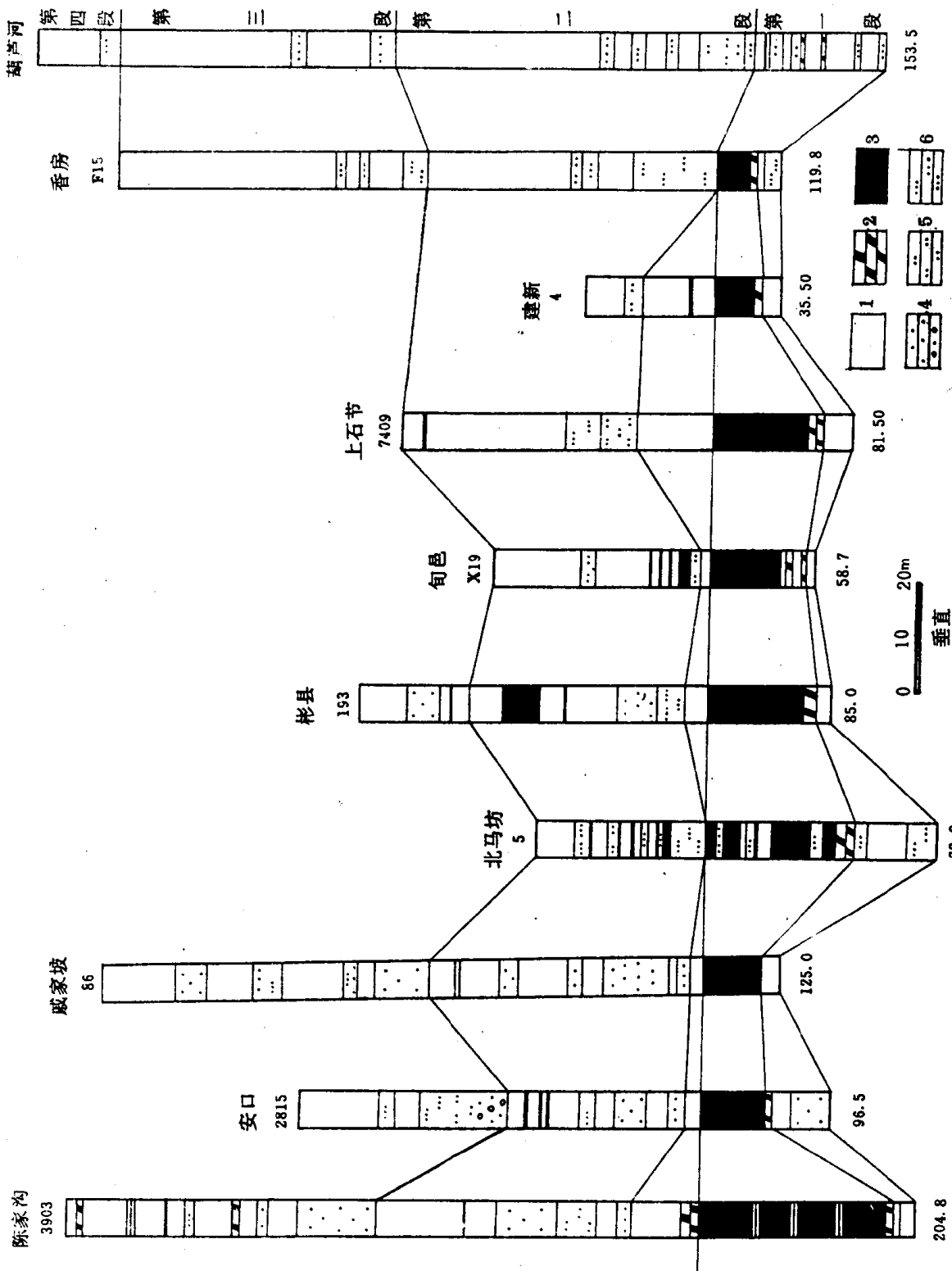


图 2-2 延安组对比图
1—泥岩；2—发质泥岩；3—煤；4—粗砂岩(或含砾粗砂岩)；5—中砂岩；6—细砂岩

现将划分对比标准分述如下：

1. 岩性

a. 延安组下伏富县组为灰绿色、杂紫色铝质泥岩或砂质泥岩，具菱铁质鲕粒，它以特殊的颜色和岩性做为与延安组划分的依据。

b. 延安组下部 4 煤层厚度大、稳定，为全区发育的主采煤层，是良好的对比标志。

c. 4 煤层间接底板有一层厚 1—4m 的浊流沉积——褐灰色或黑灰色高岭石泥岩，块状层理，具菱铁质鲕粒，含砂（焦坪、黄陵、葫芦河一带）或石英砾（麟游、彬县、旬邑、长武、陇县、华亭一带），砾石最大直径超过 7cm，全区均有沉积，且易于辨认。

d. 4 煤层（组）顶板有一层厚 0.3—2.5m 的湖相泥岩或粉砂岩，灰—黑灰色，水平层理发育，含丰富的、保存完整的植物化石，全区发育，为良好标志层。

e. 在上述泥岩之上有一层湖坪三角洲相砂岩（前人称小街砂岩），以中—细粒砂岩为主，局部发育为中、粗粒砂岩，厚 1—45m；虽然厚度变化大，但全区普遍存在，可做为地层划分对比的辅助标志。

f. 在葫芦河，黄陵等地延安组中部有一层厚 20 余米、含底栖双壳类动物化石的灰—青灰色湖相泥岩或砂质泥岩，水平层理发育，其中含有许多保存完整的双壳类动物化石和泥灰岩、菱铁质结核；泥灰岩结核呈磨盘状和扁球状，具迭锥构造，长 2—6.5m，厚 0.5—1.5m，它们在水平方向上呈断续层状分布。本层向西渐变为砂质泥岩和粉砂岩且厚度变薄，未见泥灰岩结核。此层为第二段与第三段的划分标志。

g. 在延安组中上部有一层厚约 30m 左右的湖相泥岩、砂质泥岩或粉砂岩，灰色，水平层理发育，它以厚度大、粒度细为特征；在东部葫芦河和黄陵地区发育良好，在旬邑一带由于直罗组底部砂砾岩冲刷而很少保存，西部华亭地区的岩性较为复杂，常夹有薄层砂岩。此层可作为第三段和第四段的划分标志。

h. 在上覆直罗组底部为巨厚层浅灰色胶结疏松的中、粗粒砂岩或含砾粗砂岩（风化后呈豆腐渣状），与延安组呈冲刷接触，是确定延安组顶界的重要标志。

2. 沉积旋回

从总体上看，延安组的岩性旋回是比较清楚的，自下而上岩性由粗到细并可划分为四个旋回，即 4 个岩性段，其中第二段有些地区发育成两个旋回。

3. 含煤性

本区延安组煤层比较发育，在垂向上自下而上含煤性逐渐变差：下部第 4 煤组（层）富集，含煤系数最高，煤层厚度大且稳定，全区发育；3 煤组含煤性比第 4 煤组大为逊色，但仍有可采煤层，而且从东到西趋于变好，在华亭安口一带发育为可采煤层；2 煤组含煤性差，可采范围很小，只在华亭和彬县一带局部达可采厚度；第 1 煤组只局部含有高炭泥岩或煤线，无可采煤层（参见表 4-1）。

4. 砂岩的成分成熟度

延安组砂岩类型主要有石英砂岩、长石石英砂岩和长石石英杂砂岩。砂岩中石英和长石含量的变化有一定的规律性，即成熟度自下而上由好—差—最差—差，分别与 4 个岩性段相吻合，各段砂岩中石英和长石的平均含量见表 2-2。