

河南省东部地球物理特征与找煤远景

李文勇¹, 夏 斌¹, 路文芬²

(1. 中国科学院 广州地球化学研究所, 广东 广州 510640; 2. 广州海洋地质调查局, 广东 广州 510760)

摘 要: 在综合分析各种地球物理资料的基础上, 论述了豫东平原区的地球物理特征, 包括重力场、磁力场、地震反射波等, 通过重、磁、地震联合反演并与钻探资料对比, 做出了区域地质研究和综合地质解释, 指出了找煤远景。

关键词: 地球物理特征; 联合反演; 区域地质研究; 找煤远景; 河南东部

中图分类号: P631 文献标识码: A 文章编号: 1000-8918(2004)01-0026-06

豫东平原区位于河南省中东部。本研究区西起京广铁路、东至豫皖省界、北起黄河、南到西平—项城一线的广大平原地区, 面积约 5 万 km², 属华北板块南部的嵩箕构造区, 石炭—二叠系为主要的含煤地层^[1~3]。本区除永城北部的芒山有零星的基岩出露外, 其它绝大部分地区均被第四系地层覆盖。

10 余 a 来, 石油、地矿、煤炭等系统在该区做了大量的勘查工作, 拥有丰富的地质、地球物理和钻探资料, 但缺乏综合的统一认识。作者在总结多年研究成果和综合分析各种资料的基础上, 阐述了豫东平原区的地球物理特征、含煤地层分布、地质构造特征以及煤炭远景。

1 地球物理特征

河南省地球物理场大致可分为南、北 2 个特征区: 南区包括华熊构造区和秦岭—大别构造带; 北区包括嵩箕构造区和太行构造区。本区属于嵩箕构造区的东部。

1.1 地层密度及重力场特征

本区有 4 个较大的密度层(表 1), 自上而下为: 第四系密度层, 第三系密度层, 中生界—上古生界密度层和下古生界—太古界密度层。层间密度差较大, 相应地存在着 3 个明显的密度界面。这 4 个密度层和 3 个密度界面与华北地区的区域性构造层和不整合面是一致的。

本区属华北重力异常区的嵩箕—豫东亚区, 以舒展、开阔、连续的重力低梯度带为主要特征。重力背景值自东向西递减(图 1)。西部(商丘—枣集以

表 1 豫东地区地层密度特征

kg/cm³

地层	岩性	密度	密度层 平均值	密度差	构造运动
Q	松散沉积物	1.9	1.9	0.43	喜山运动
N	砾岩、砂岩、泥岩、泥灰岩	2.28	2.33		
E	砂砾岩、砂岩、粉砂岩	2.37			
J—K	砾岩、砂岩、泥岩	2.51	2.52	0.19	燕山运动
T	砂岩、泥灰岩	2.54			
P	砂岩、泥岩、煤	2.52			
C	砂岩、泥岩、灰岩、煤	2.51			
Є—O	灰岩、白云质灰岩、白云岩、泥灰岩	2.67	2.65	0.13	加里东运动
Z	砂岩、泥岩、石英岩	2.6			
Pt ₁	砂岩、大理岩、片岩、角闪岩	2.7			
AR	片麻岩、片岩、混合岩	2.62			

注: 表 1 和表 2、图 1 和图 2 据石油地球物理勘探局地调二处、河南省地质矿产局物探队、地质矿产部华北石油地质局第四物探大队资料综合编制而成。

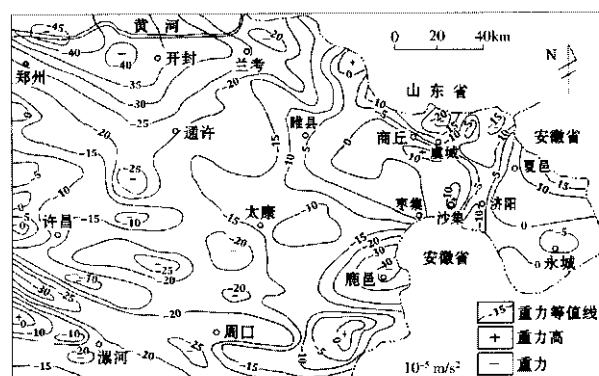


图 1 河南省东部布格重力异常 (Δg) 平面
西)背景值为 $-25 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$, 局部异常 ($-50 \sim -5$) $\times 10^{-5} \text{ m/s}^2$, 异常带主要为近 EW—NWW 向, 叠加少

收稿日期: 2003-04-20

基金项目: 国家煤炭科技项目 (MD990825) 的部分成果

量的 NNE 向,局部异常呈扁圆状;东部(虞城—鹿邑以东)背景值为 10^{-5} m/s^2 ,局部异常($-20 \sim 15$) $\times 10^{-5} \text{ m/s}^2$,异常带主要为 NNE 向,另有少量的近 EW—NWW 向。

纵观全区,NWW 向重力异常带十分清晰,重力分区自南向北依次为周口—鹿邑重力低带、通许—睢县重力高带、开封—商丘重力低带。该区东部可见清晰的 NNE 向重力异常带,自西向东依次分为沙集重力高带、济阳重力低带、夏邑重力高带。从物性资料可知,中、新生界碎屑岩、酸性岩体均为低密度层,它和周围岩层之间形成密度亏空($\Delta \rho = \rho_{\text{太}} - \rho_{\text{新}} = (2.65 - 2.33) \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = 0.32 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, $\Delta \rho = \rho_{\text{古}} - \rho_{\text{新}} = (2.67 - 2.33) \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = 0.34 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$),因此出现重力低带。相反,古生界、元古界和太古界岩层显示为重力高带。也就是说,重力低带反映中、新生界巨厚沉积的拗陷或凹陷,重力高带则反映前中、新生代地层的隆起或凸起。

1.2 地层磁性及磁力场特征

统计资料表明(表 2),本区除前寒武系地层有磁性外($\kappa = (1\ 000 \sim 8\ 000) \times 10^{-5} \text{ SI}$),古生界、中生界(其中白垩系岩层有磁性, $\kappa = (600 \sim 800) \times 10^{-5} \text{ SI}$)、新生界地层一般磁性十分微弱或无磁性。

表 2 豫东地区地层磁性特征

地层	岩性	$\kappa/10^{-5} \text{ SI}$
Q	松散沉积物	
N	砾岩、砂岩、泥岩、泥灰岩	
E	砂砾岩、砂岩、粉砂岩	5 ~ 20
K	砾岩、粉砂岩、泥岩	600 ~ 800
J	砂砾岩、砂岩、泥岩	0 ~ 20
T	砂岩、泥灰岩	0
P	砂岩、泥岩、煤	0
C	砂岩、泥岩、灰岩、煤	0 ~ 10
O	灰岩、白云质灰岩	0
Є	灰岩、泥灰岩、白云岩	0 ~ 15
Z	砂岩、泥岩、石英岩	1000 ~ 3000
Pt ₁	砂岩、大理岩、片岩、角闪岩	3500 ~ 6500
AR	片麻岩、片岩、混合岩	1000 ~ 8000

磁铁矿的磁性最强,岩浆岩的磁性从酸性岩到超基性岩逐渐递增,变质岩的磁性变化较大,而沉积岩的磁性则十分微弱或无磁性。因此,引起区域航磁正、负异常的原因主要是前寒武系磁性地层不均匀所致。岩层磁性界面与区域性不整合面基本对应。

从豫东航磁异常平面图(图 2)可以看出,大致以商丘—枣庄—一线为界,西部航磁等值线以低缓、平稳、单调的开阔磁场为特征,背景值为 0 nT,局部发育团块状局部低缓异常($-200 \sim 100 \text{ nT}$),磁场总体显示为近 EW—NWW 向展布;东部以宽缓低值近

EW—NWW 向磁场为背景,其上叠加发育特征显著的近 NNE 向航磁异常梯级带,并表现出东、西显著不同的特点,东区基本为正磁异常($200 \sim 400 \text{ nT}$),西区总体表现为负磁异常($-100 \sim -200 \text{ nT}$),局部显现为团块状正磁异常($200 \sim 400 \text{ nT}$)。

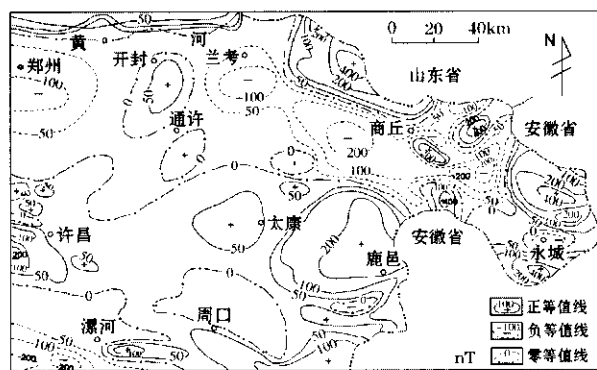


图 2 河南省东部 ΔT 航磁异常平面

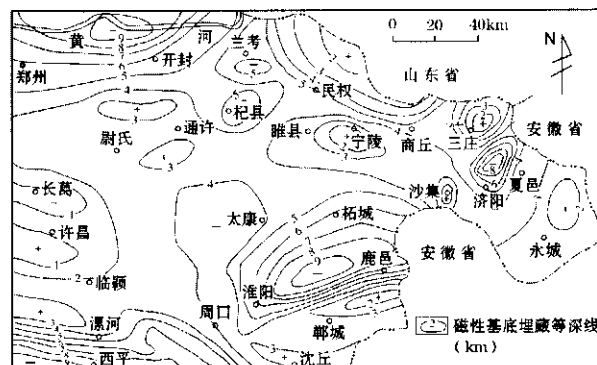


图 3 河南省东部磁性基底埋藏深度平面

根据 V-外奎尔法、切线法^[3]及反演法计算并绘制的磁性基底顶界面埋藏深度图(图 3),可以看出,研究区前寒武系磁性基底埋藏深度变化较大,由 1 ~ 9 km,反映了构造运动的复杂性及其上覆地层的沉积或残留厚度。总之,中部埋藏较浅,南部、北部埋藏较深。比较图 2 和图 3 可知,研究区前寒武系地层的磁性具有不均匀性,尽管大部分正磁异常区与磁性基底隆起或凸起对应,如许昌南小区、通许北小区、郸城小区、永城—夏邑小区、沙集小区等,另有部分负磁异常区与磁性基底拗陷或凹陷对应,如西平小区、兰考小区、济阳小区等,但也存在部分“不协调”区段,如宁陵基底凸起对应负磁异常区、太康西基底凹陷(相对于其北部而言)对应正磁异常等。另外,鹿邑基底凹陷和开封北(黄河)基底拗陷对应正磁异常,反映了具磁性的白垩系岩层的存在。

1.3 岩层波阻抗及地震反对波特征

测定资料表明(表 3),本区存在 3 个明显的波阻抗(Z_p)界面,即上、下古生界,中生界与新生界和

新近系与古近系地层之间。这 3 个波阻抗界面对应于地质结构上的 3 个区域性不整合面^[4],反映了本区在地史时期曾经历的 3 次大的构造运动—加里东运动、燕山运动和喜山运动。

表 3 豫东地区地震反射层参数

地层	$\frac{\rho}{g \cdot cm^{-3}}$	$\frac{v}{m \cdot s^{-1}}$	$\frac{Z_p}{kPa \cdot s^{-1}}$	$\frac{\Delta Z_p}{kPa \cdot s^{-1}}$
Q	1.90	1800	34.2	
N	2.28	2000	45.6	11.4
E	2.37	3500	82.9	37.3
J—K	2.51	4300	107.9	25.0
T	2.54	4500	114.3	6.4
C—P(含煤层)	2.52	4950	124.7	10.4
E—O	2.67	6200	165.5	40.8

大量地震勘探资料表明,本区特征明显的地震反射波,自下而上主要可见 4 组:① T_N 波:产状近于水平,2~3 个相位,能量强而且稳定,为密集的薄层反射波特征,与下伏反射波常有夹角,全区可连续追踪,反映了喜山运动的存在。② T_E 波:多相位,能量时强时弱,常与 T_N 波有夹角,可连续追踪,但不如 T_N 波稳定,在凸起部位往往尖灭,反映了燕山运动的存在。③ T_P 波:2~3 个相位,能量时强时弱,在凸起部位往往尖灭而被 T_g 波置换。该波全区可追踪,为二₁ 煤层顶界面(位于二叠系地层下部,华北板块普遍发育该煤层)的反映。④ T_g 波:多相位、低频率、强能量,常伴有弧形绕射波,全区可追踪,反映了加里东运动的存在。

2 综合地质解释

2.1 重、磁、地震联合反演与解释依据

综合地球物理解释可大大提高资料解释的准确度,减少多解性^[5]。为了深化认识,在研究区内选择 9 条有代表性的测线进行了重、磁、地震联合反演解释,并结合钻井资料进行了对比分析。图 4 为其中一条联合解释剖面。

本区的隆起地带,基底为下古生界和前古生界岩层,盖层为第四系和新近系地层,底部有标准的不整合面反射波(T_N 波或 T_g 波)(图 5),重力场表现为高值异常,磁场除宁陵凸起为负磁异常外,多表现为正磁异常。而在坳陷部位,沉积有古近系和中生界岩层时,地震剖面常见明显的 T_N 、 T_E 、 T_K 、 T_P 、 T_g 及其它相关反射波,重力场表现为较强的负异常,而磁场则视白垩系岩层磁性强弱分别表现为正、负异常。

区域性大中型断裂常见于隆、坳边缘或次级构造单元的边界。重力场主要有以下表现特征:不同

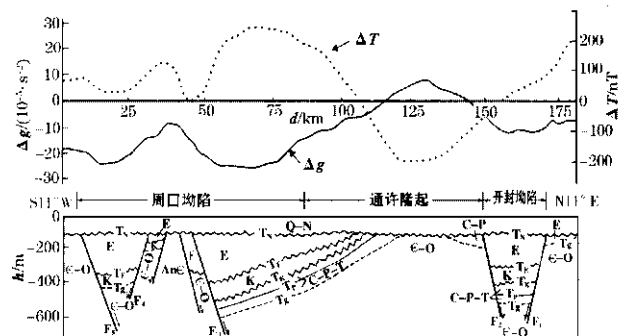


图 4 SHN50 线综合反演解释地质剖面简图

F_1 —兰考断层; F_2 —中牟—商丘断层; F_4 —商水断层; F_5 —襄城断层; F_{11} —鹿邑断层

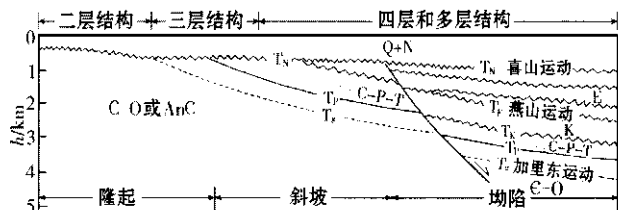


图 5 河南省东部地震地质剖面结构示意图

特征的重力场分界线;陡变的线性梯度带;异常轴向变化,等值线形态扭曲。磁场主要有以下特征标志:不同特征的磁力场分界线;线性梯度带陡变、扭曲、错断;串珠状异常、线性延展的正、负异常呈跳跃的不规则分布;磁异常轴的同向弯曲和突然消失。地震反射波在剖面上则表现出明显的错断特征。当断裂模较小时,重、磁场没有明显反映,地质解释主要依靠地震资料。

从地震剖面看^[6],本区可用隆起、斜坡、坳陷 3 个区段概括。隆起区多为 2 层或 3 层结构;斜坡区多为 3 层或 4 层结构;坳陷区一般表现为 4 层或多层结构。

Q+N 地层近水平产状,古近系地层上部受到严重剥蚀,并覆盖在前新生界地层之上。中生界和古生界地层的反射波大致平行,构造的继承性明显,常可见到从古生界到古近系地层整体上隆或下拗。在隆起部位往往缺失古近系和中生界或古生界地层,使第四系和新近系地层直接覆盖于古生界或前古生界地层之上。随着从隆起向坳陷的逐渐过渡,剖面依次为 2 层、3 层、4 层及多层结构。2 层结构剖面(Q+N 和 E—O)表现了十分强烈的地壳抬升运动,使石炭—二叠系岩层遭受剥蚀。3 层结构剖面(Q+N、C—P 和 E—O)表现了较强的地壳上升运动,使 Q+N 地层直接覆盖于 C—P 地层之上。4 层至多层结构剖面表现了石炭—二叠系地层埋藏较深或很深,反映了较强的地壳相对下降运动。

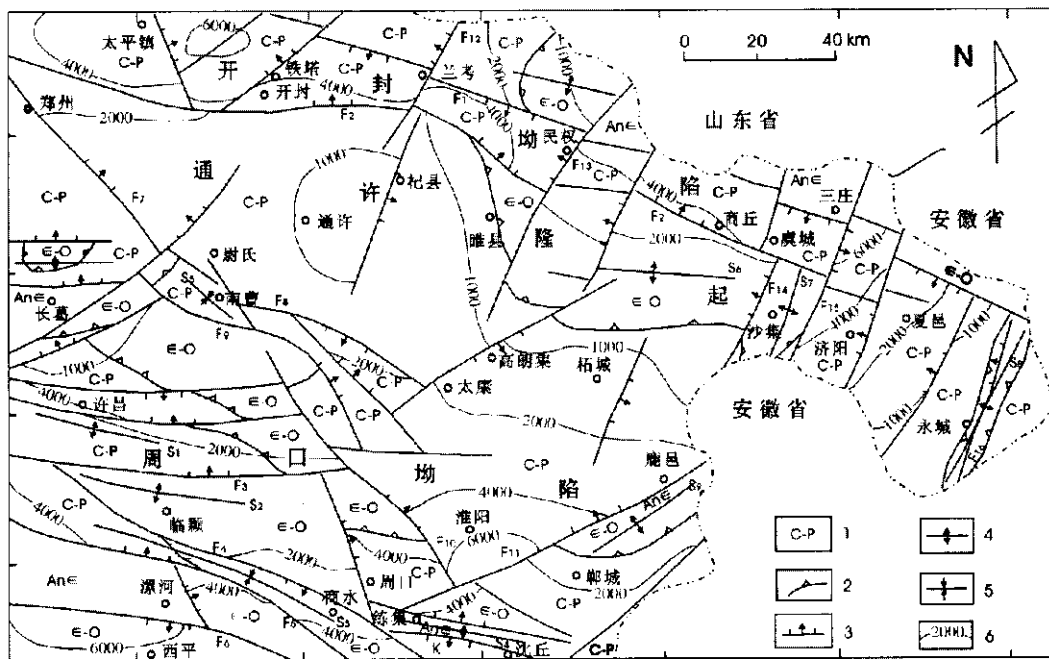


图6 河南省东部前中、新生界基岩地质构造

断层: F_1 —兰考断层, F_2 —中牟—商丘断层, F_3 —固厢断层, F_4 —商水断层, F_5 —襄郑断层, F_6 —叶鲁断层, F_7 —郑州断层, F_8 —尉氏断层, F_9 —包屯断层, F_{10} —扶沟断层, F_{11} —鹿邑断层, F_{12} —聊兰断层, F_{13} —睢县断层, F_{14} —沙集断层, F_{15} —颜集断层, F_{16} —演集断层。褶皱: S_1 —许昌背斜, S_2 —固厢背斜, S_3 —商水向斜, S_4 —练集背斜, S_5 —南曹向斜, S_6 —宁陵背斜, S_7 —杜集背斜, S_8 —永城背斜, S_9 —汲水集背斜。1—基岩地层; 2—煤系尖灭线; 3—正断层; 4—背斜; 5—向斜; 6—基岩埋深等值线(m)

2.2 综合地质成果

综合本区各种物探资料^[7~9], 编制了前新生界基岩地质构造图(图6), 它清楚地表明了该区具有如下地质特征。

(1) 缺失志留系、泥盆系及石炭系下统地层外, 其它地层均有发育。石炭—二叠系为重要的含煤地层, 保存厚度、分布与所处的构造单元密切相关。

(2) 构造型式多样, 断裂构造发育。断裂多为正断层, 以断距较大、延伸较远为特点, 另有少量的走滑式断裂(如NW走向的 F_9 、 F_{10} 等断层表现为左行走滑性质); 褶皱则为幅度较小、延伸不远的背、向斜或鼻状构造。

(3) 地质构造线主要可见3组发育方向, 即近EW向、NW向及NNE—NE向。大致沿郑州—尉氏—太康—郸城一线发育NW向构造, 并以此为界, 西南部主要发育近EW—NNW向构造, 形成近EW—NNW向条带状凹、凸相间的构造格局; 东北部则主要发育NNE—NE向构造, 并以NNE—NE向展布的块状构造单元为特点。

(4) 近EW向构造常被NW向和NNE—NE向断层所切错, NNE—NE向断层又切割NW向构造或被近EW向断层所限制或归并, 由此说明, 近EW向构造形成最早, NNE—NE向构造形成最晚, 而NW

向构造则介于二者之间。

(5) NW向断层具左行平移走滑性质(如 F_{10} 断层), 常使断层两侧地块及原属同一条近EW向断层发生左行平移而错开, 因而, 赋煤单元也随之发生左行平移。

(6) 前中、新生界基岩埋深及煤系分布特征等表明, 本区南、北部强烈下陷, 分别为周口坳陷和开封坳陷。周口坳陷西部大部分区段缺失石炭—二叠系含煤地层, 其它区段发育石炭—二叠系含煤地层, 开封坳陷石炭—二叠系煤层保存比较完整但埋藏较深。中部总体抬起, 属嵩箕隆起的东延部分(潜山隆起), 煤系保存相对较浅但局部遭受剥蚀, 为通许隆起(它与嵩箕隆起在尉氏一带呈鼻状斜坡相连接)。因此, 本区的构造格局可概括为“两坳夹一隆”。在周口坳陷和开封坳陷中, 尚可见次级凸起, 如周口坳陷中发育郸城凸起、练集凸起、许昌南凸起等; 开封坳陷中发育太平镇凸起、开封铁塔鼻状凸起等。通许隆起中也发育次级凹陷, 如杞县凹陷、南曹凹陷、高朗集凹陷、济阳凹陷等。无论坳陷(或凹陷), 还是隆起(或凸起), 其结构特征表现各异, 如开封坳陷两侧均为区域性高角度正断层, 属双断型或地堑式坳陷; 周口坳陷南侧为区域性高角度正断层——襄郑断层, 北侧与通许隆起无明显的区域性

断层界线,属单断型或簸箕式拗陷;周口拗陷中的练集凸起,两侧均为正断层,属双断型或地垒式凸起;通许隆起中的宁陵凸起,凸起影响范围内无明显的断层,属隆中凸,等等。可见,正确认识构造单元及结构,是预测找矿之关键。

可见,正确认识构造单元及结构,是预测找矿之关键。

3 找煤远景

本区的总体构造格局为“两拗夹一隆”。北部的开封拗陷普遍沉积并保存了完整的石炭、二叠系含煤建造,煤炭资源丰富,但由于赋存较深(多在 3 km 以下),故对预测找煤意义不大。南部的周口拗陷面积较大而且开阔,但由于多期构造运动的影响,使得该拗陷又发育多个次级凸起和凹陷。其中,凹陷内的煤系一般埋藏很深(多在 2 km 以下),如商水凹陷、鹿邑凹陷、五沟营凹陷等,找煤意义不大;而凸起内的煤系却不同,或遭受剥蚀,或残留保存,一旦保存,其埋藏相对较浅。因此,在这种次级凸起中,寻找赋存较浅的煤炭资源可作为今后工作的重点之一,如郸城凸起、临颖凸起等。

夹持于南、北两拗之间的通许隆起,由于后期的构造作用,断层两盘的差异升降及构造之间的相互切错等,使该区又形成多个次级凸起和凹陷。凸起中的煤系或多遭剥蚀,局部残留,如宁陵凸起等,或局部剥蚀,大多残留,如永城凸起、尉氏—通许凸起等,这些区段中保留的煤系一般埋藏较浅,对找煤十分有利。凹陷中的煤系一般保存比较完整,其埋藏也相对较浅,因此,在这种次级凹陷中寻找面积较大、连续分布的较浅煤炭资源也应作为今后工作的一个重要方向,如杞县凹陷、民权南凹陷等。

另外,通许隆起和周口拗陷在该区中东部没有明显的断层作为边界,而是呈渐变的过渡斜坡,研究和初步钻探表明,该斜坡地带赋存着较浅的连续发育的石炭、二叠纪含煤岩系,因此在该斜坡(柘城—太康斜坡)寻找面积较大、储量丰富、具有开采价值的较浅煤层是很有希望的,同样应引起我们今后工作的重视。

再者,在大断层下盘寻找较浅的局部残留煤系,在大面积煤系剥蚀凸起区中的断层上盘寻找局部残留煤系,在凹陷区发育的断层下盘寻找较浅煤系条带等也应引起我们的注意。

认真研究本区的地质特征、构造单元结构和构

造控煤作用等,总结煤系赋存的具体规律,以“隆中找凹、拗中寻凸,追找斜坡、兼顾残留”作为本区今后找煤工作的指导思想,对避免走弯路、浪费人、财、物力等具有重要意义。

4 结语

(1)河南省是我国重要的煤炭产地,随着已探明储量的煤炭资源(开采条件较好)的开采与枯竭,寻找煤炭生产后备基地显得十分重要。河南省东部平原区蕴藏着丰富的石炭—二叠系煤炭资源,应作为今后找煤工作的重点地区。

(2)柘城—太康斜坡和永城—夏邑凸起西部是最有希望的目标区,应赋存有较浅的面积较大的具开采价值的石炭—二叠系煤炭资源,建议首先开展进一步的勘探工作。

(3)应用综合物探方法在隐伏区寻找含煤岩系是一种科学的方法。重、磁勘探初步确定区域性构造与地层分布概况;地震勘探配合少量的钻探可以比较准确地确定控煤构造样式、含煤地层分布与埋藏深度,预测找煤远景,计算煤炭储量,划分煤田、井田范围等;重、磁、地震联合反演技术可大大提高资料解释的准确度,减少多解性。近年来实践表明,三维高分辨率地震勘探还能有效地解决煤矿生产开采所遇到的一系列具体地质问题,如小断层、煤层厚度变化、火成岩、陷落柱等。

参考文献:

- [1] 程裕祺. 中国区域地质概论[M]. 北京:地质出版社,1994. 90 - 165.
- [2] 河南煤田地质公司. 河南省晚古生代聚煤规律[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1991. 141 - 194.
- [3] Sheriff R E. Geophysical methods[M]. New Jersey:Prentice Hall, Englewood Cliffs,1989. 52 - 147.
- [4] 李宝芳,温显端,李贵东. 华北石炭、二叠系高分辨层序地层分析[J]. 地质前缘,1999,6(增刊):72 - 76.
- [5] 崔林沛. 国外勘查地球物理的若干进展[J]. 物探与化探,1994,18(6):65 - 68.
- [6] Williams G D, Dobb A. Tectonics and Seismic Sequence Stratigraphy[M]. Geological Society Special Publication,1993. (71): 226 - 282.
- [7] Akirby G, Evans D J. Seismic Sequence Stratigraphy[M]. 1995. 121 - 152.
- [8] 纪友亮. 层序地层学原理及层序成因机制模式[M]. 北京:地质出版社,1998. 65 - 139.
- [9] 尚冠雄. 华北地台晚古生代煤地质学研究[M]. 太原:山西科学技术出版社,1997.

GEOPHYSICAL CHARACTERISTICS AND COAL-SEARCHING PROSPECTS IN EAST HENAN AREA

LI Wen-yong¹, XIA Bin¹, LU Wen-fen²

(1. *Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China*; 2. *Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou 510760, China*)

Abstract: Based on an integrated analysis of all kinds of geophysical data, this paper deals with such characteristics of geophysical fields in east Henan plain as the gravity field, the magnetic field and seismic reflective waves. Through combined inversion of gravity, magnetic, seismic and drilling data, the authors carried out regional geological research and integrated geological explanation, and pointed out the coal-searching target area.

Key words: geophysical characteristics; combined inversion; regional geological study; coal-searching prospect; east Henan area

作者简介: 李文勇(1966 –), 男, 1991 年获硕士学位, 现为中国科学院广州地球化学研究所博士研究生, 高级工程师, 主要从事地球物理学与构造地质学研究工作。

上接 22 页

STATISTICAL CHARACTERISTICS OF REGIONAL PHYSICAL DATA OF ROCKS AND MINERALS FROM JIANGXI PROVINCE

YAN Hui¹, LI Lie², ZHANG Li-wei¹, GUO You-zhao²

(1. *Jiangxi Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Nanchang 330201, China*; 2. *Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, CAGS, Langfang 065000, China*)

Abstract: This paper describes statistical characteristics of rock and mineral physical data from the whole Jiangxi Province and two stratigraphic regions, which include 53 741 rock and mineral density data, 12 677 magnetic susceptibility data and 12 424 residual magnetization data. The results serve as reference materials for geophysical exploration work in Jiangxi Province.

Key words: Jiangxi Province; classification of rocks; density; magnetic susceptibility; residual magnetization; geophysical exploration in the mining area

作者简介: 言会(1968 –), 男, 1991 年毕业于西安地质学院, 主要从事物探技术及管理管理工作。

上接 25 页

matal means, the authors defined and determined physical stratigraphic boundaries of the stratigraphic column in Hebei Province. Their geological implications have been discussed, which include crustal evolution, biotic succession, lithosphere dynamics, crust – mantle differentiation, lithofacies distribution etc.

Key words: density; susceptibility; residual magnetization; definition and determination of physical stratigraphic boundary; Hebei Province

作者简介: 杨书辰(1959 –) 男, 河北临城人。1982 年毕业于河北地质学院地质系。现为河北省地质调查院教授级高级工程师, 长期从事物探、化探生产、综合研究及技术管理工作。