

鄂尔多斯盆地东胜地区砂岩型铀矿床沉积微相与层序地层^①杨仁超¹⁾ 韩作振¹⁾ 樊爱萍¹⁾²⁾

1) 山东科技大学矿山灾害预防控制教育部重点实验室,地质科学与工程系 山东青岛 266510;

2) 西北大学地质学系 陕西西安 710069

摘 要:鄂尔多斯盆地东胜地区侏罗系直罗组砂岩型铀矿是在中国克拉通盆地中首次发现的大型铀矿。通过野外调研和多种室内分析手段,对该铀矿的含矿建造进行了岩石学、沉积学、层序地层学及其相互关系研究,认为直罗组沉积环境经历了辫状河(辫状河三角洲)向曲流河的转化,沉积相由辫状河向辫状河三角洲平原过渡的地区有利于铀矿的沉淀富集,层序地层学格架由1个长期基准面旋回、6个中期旋回和17个短期旋回层序构成,基准面升降旋回中形成的含矿建造具有良好的地层结构。基准面上升早期形成的辫状河河道砂体岩性主要为浅灰、灰白色粗—中粒长石岩屑砂岩、岩屑长石砂岩,具连通性好、粒度粗、碎屑含量高、杂基含量低及孔渗条件好等特点,是重要的含矿层。

关键词:砂岩型铀矿,沉积微相,层序地层,直罗组,侏罗系,鄂尔多斯盆地,内蒙古

中图法分类号:P 534.52, P 539.2

文献标识码:A

文章编号:0253-4959(2007)03-0261-06

砂岩型铀矿是世界上最早发现的铀矿类型之一,其规模大、成本低、污染小、效益高的普遍特点决定了该类型铀矿具有广阔的找矿前景和显著的市场优势,业已成为我国铀资源勘查工作的主攻方向。鄂尔多斯盆地东胜地区侏罗系直罗组砂岩中发现的砂岩型铀矿,控制其含铀矿化的层间氧化还原带前锋线大于15km(朱西养等,2003),其远景储量丰富,有望达到超大型矿床规模,成为我国又一处新的核能资源基地(肖新建等,2004)。

为查明该矿床的成因、分布和控制因素,笔者在广泛的野外调研和系统的室内分析基础上,对该区含矿建造的地层结构、岩石学特征、相标志进行了研究,并就沉积相和层序地层方面提出了初步认识。

一、盆地与矿区地质概况

鄂尔多斯盆地位于华北板块的西部,面积约 $3.2 \times 10^5 \text{ km}^2$ (Yang Yong-tai *et al.*, 2005)(包括外围新生代断陷盆地)。据现今构造特征,盆地可划分为伊盟隆起、晋西挠褶带、渭北隆起、西缘冲断带、天环坳陷、中央古隆起和陕北古坳陷等7个构造单元(杨俊杰、裴锡右,1996)(图1)。

东胜砂岩型铀矿床位于鄂尔多斯盆地伊盟隆起的东南部。区内地层呈单斜产出,向东南缓倾,倾角 $1^\circ-3^\circ$ 。褶皱构造不发育,仅在白垩系中局部见短

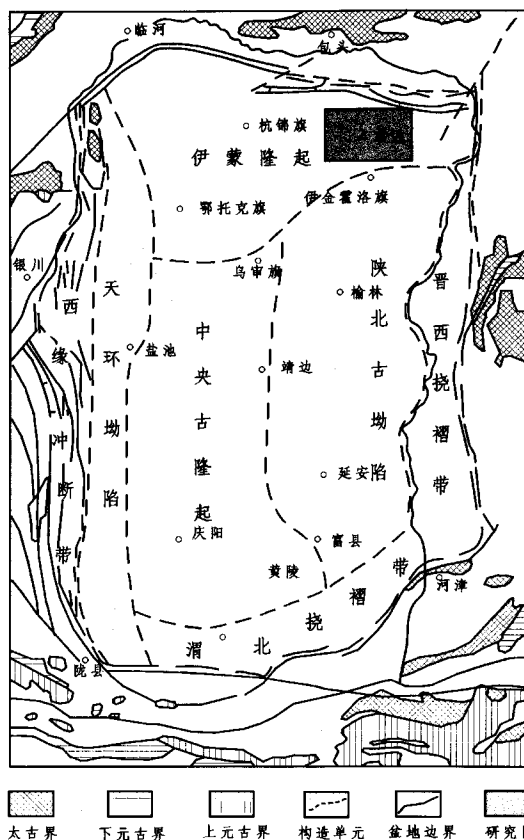


图1 鄂尔多斯盆地构造区划图(据杨俊杰,1996)

Fig.1 Tectonic division of the Ordos Basin (after Yang Jun-jie, 1996)

^①国家“973”项目“多种能源矿产生成—富集环境和成藏(矿)机理”(2003CB214603)成果。

文稿接受日期:2007-03-05;修改稿收到日期:2007-03-15。

第一作者简介:1976年生,男,陕西商南人,讲师,在读博士,专业方向为沉积学与层序地层学。rc.yang@sina.com

轴背斜(肖新建等,2004)。遥感解译资料表明,东胜地区有NE向断裂和乌兰木伦河两侧的两条NW向断裂(刘德长等,2004),后期构造对盖层的破坏不明显。赋矿地层为中侏罗统直罗组下段,整合或假整合覆盖于中侏罗统延安组煤系地层之上(王双明、张玉平等,1999)。

二、含矿建造

东胜砂岩型铀矿主要的含矿建造为中侏罗统直罗组河流—三角洲相陆源碎屑岩建造,含矿层主要为辫状河河道砂体。岩性主要为浅灰、灰白色粗—中粒长石岩屑砂岩、岩屑长石砂岩。粉砂质泥岩、泥岩作为含铀成矿流体的隔水层,对铀矿床的形成起着重要作用,是含矿建造不可或缺的组成部分。

1 地层结构及含矿性

据岩性、颜色和沉积环境的不同可将东胜砂岩型铀矿的含矿建造分为上、下两个岩性段(图2)。下段可进一步分为两个亚段,下亚段厚30—60m,为浅灰、灰白色粗—中粒粒砂岩,单层砂体厚度多为2—8m,多期砂体叠置厚度可达20—45m;上亚段厚10—30m,以灰绿色中细粒砂岩夹粉砂质泥岩为主,单层砂体厚度1—3m,砂体累积厚度可达10—20m。下亚段是最为集中的矿化层,叠置砂体之间可含数个隔挡层。研究表明(焦养泉等,2005),含矿建造的最佳地层厚度为25—44m砂体,其中厚度介于30—35m的砂体成矿几率最高;铀矿化与隔挡层关系十分密切,在缺乏隔挡层或隔挡层过厚过多的地区含矿性都很差,铀矿化正好位于从无隔挡层到隔挡层突发区的过渡部位,表明配置良好的地层结构是控制铀矿化富集区域的关键因素之一。直罗组上段厚30—40m,岩性以紫红色泥质粉砂岩、粉砂质泥岩为主,顶部发育数层细砂岩,上段含矿性较差。

2 岩石学特征

东胜直罗组下段砂岩中的碎屑含量较高,一般占岩石总量的65%—75%;粒径多介于0.15—0.55mm,以中粒及粗—中粒结构为主,中—细粒结构次之;分选中等—差;颗粒呈次圆—次棱角状,磨圆度中等—较差,结构成熟度较低。碎屑成分以石英为主,长石和岩屑含量较多,成分成熟度较低。石英占碎屑成分的45%—75%,不规则粒状,表面洁净;长石占5%—40%,以碱性长石为主(微斜长石、条纹长石),其次为斜长石,多发生后期蚀变;岩屑5%—45%,主要为千枚岩岩屑、硅质岩岩屑、中酸性喷出岩岩屑和黑云母碎片,次为黏土岩岩屑,少量凝灰岩岩屑。云母碎片含量一般小于5%,但在细粒

碎屑岩中云母可高达20%,以褐色黑云母和绿色黑云母为主,白云母少量。薄片鉴定的统计结果表明,砂岩类型主要为岩屑长石砂岩(34%)和长石岩屑砂岩(31%),其次为岩屑砂岩(18%)、岩屑石英砂岩(11%)和少量粉砂岩、长石石英砂岩。

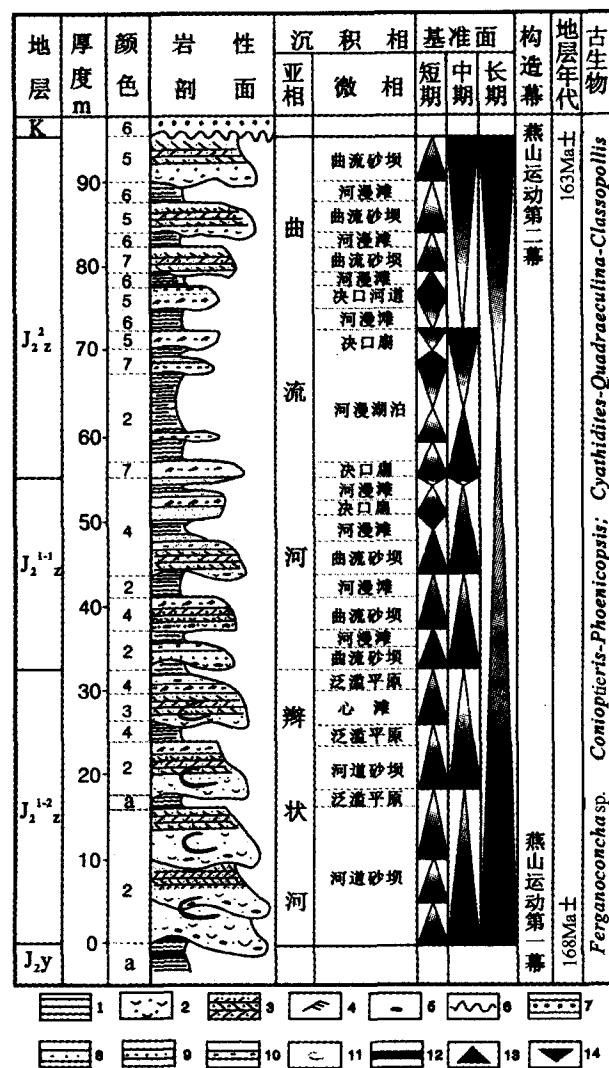


图2 神山沟剖面高分辨率层序地层划分

Fig. 2 Division of high-resolution sequence stratigraphy in the Shenshangou profile

1. 水平层理; 2. 槽状层理; 3. 板状层理; 4. 波状层理; 5. 滞留沉积; 6. 不整合; 7. 细砾岩; 8. 中粗砂岩; 9. 细砂岩; 10. 粉砂岩; 11. 铀矿体; 12. 煤层; 13. 上升半旋回; 14. 下降半旋回
颜色: 1. 灰色; 2. 浅灰色; 3. 灰白色; 4. 灰绿色; 5. 紫灰色; 6. 紫红色; 7. 土黄色

碎屑颗粒常呈点—线状接触,胶结类型以基底式—孔隙式胶结为主,基底式胶结少量;填隙物总量约为25%—35%左右,其中碳酸盐胶结物2%—30%;黏土胶结物1%—35%,以绿泥石、伊利石和高岭石为主;少量玉燧胶结。黏土杂基含量较低,砂岩次生孔隙发育,面孔率约2%—5%。重矿物见锆

石、楣石、石榴石、绿帘石、磷灰石、堇青石、金红石等。

成岩自生矿物有黏土矿物(绿泥石、高岭石及伊利石)、碳酸盐矿物、硫化物(莓球状、立方体状黄铁矿)、氧化物(磁铁矿、赤铁矿)及少量硅质矿物。砂岩遭受机械压实作用较强,黑云母、塑性岩屑发生强烈变形。长石的高岭石化、绿泥石化及绢云母化、黑云母的绿泥石化、水化及胶结物的碳酸盐化等次生变化较明显。

三、沉积微相分析

根据钻井和露头的地层结构、沉积构造和岩石学特征,在本区直罗组中识别出辫状河、曲流河以及辫状河三角洲三种沉积相。

鄂尔多斯盆地直罗组生物化石主要有双壳类 *Ferganoconcha* sp., 古植物及孢粉 *Coniopteris*、*Phoenicopsis*、*Cyathidites*、*Quadraeculina*、*Clas-sopollis* 等(《中国地层典》编委会,2000)。直罗组下

段下亚段由多个向上变细的正旋回组成,岩性主要为浅灰、灰白色粗砂岩、中砂岩;泥质岩层较薄或很少发育;含砂率可达 75%,砂/泥岩比例远大于 1。基底冲刷面较为平坦,含滞留沉积,其上发育大型槽状交错层理,上部可见板状交错层理,具典型的辫状河沉积特征。辫状河沉积对下伏的延安组强烈冲刷,下切作用十分明显,造成延安组上部第五、第四岩性段减薄或缺失。由于辫状河体系不稳定,河道不断的迁移,辫状河道频繁地分叉、汇合以及横向上往返迁移,并对早期沉积物进行冲刷、切割改造,最终使泛滥平原难以保存,故沉积微相以河道沉积最为典型(Bridge,1993)。而多期的河道沉积物可以彼此叠置,使辫状河道砂体在横向上广泛连片,呈现宽厚比很大的厚板状砂体。受孙家梁—皂火壕东西向断裂构造带的影响(吴仁贵等,2003),此构造带以南,盆地坡度变得逐渐平缓,辫状河砂岩粒度变细,分支河道数目增多;泥质夹层变多变厚,辫状河沉积过渡为辫状河三角洲平原沉积(图 3)。

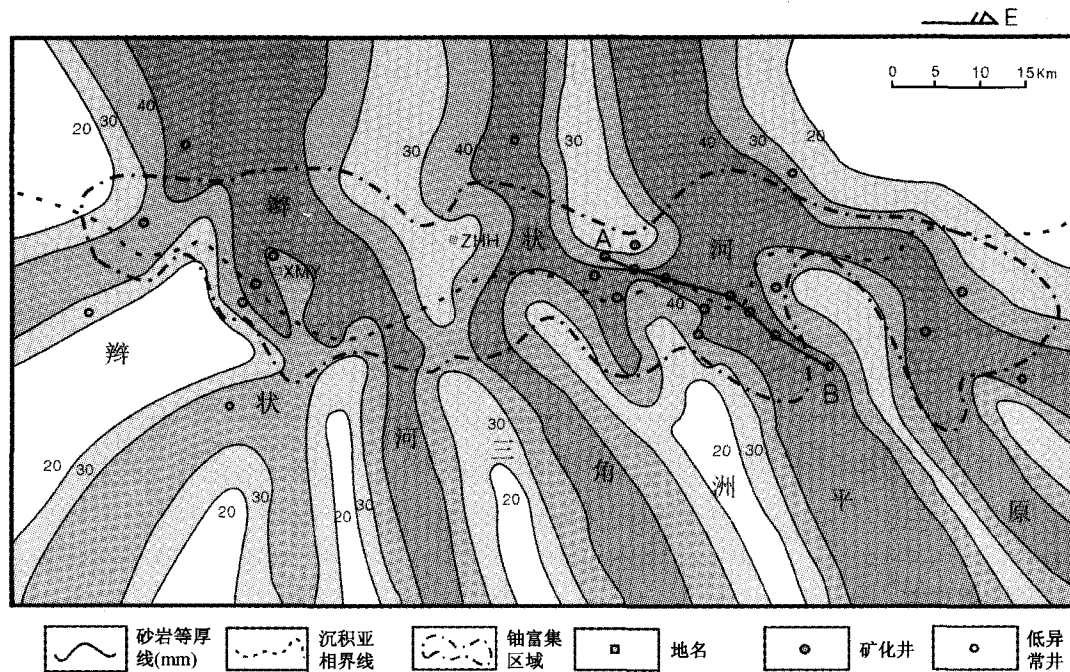


图 3 东胜地区 $J_2^{1-2}Z$ 亚段沉积相平面图

Fig. 3 Sedimentary facies ichnography of the $J_2^{1-2}Z$ subsection in the Dongsheng area

直罗组下段上亚段主要由灰绿色细砂岩与灰黄色泥质岩薄互层组成。基底冲刷面起伏较大,向上发育板状交错层理、平行层理及水平层理等,具河流二元结构,砂/泥岩比值接近 1;平面上,河道弯曲度增大,河道窄、水体深,宽/深比较小,曲流河特征趋于明显。河漫滩、曲流砂坝及决口扇等沉积微相广泛发育。

直罗组上段为土黄色细砂岩、紫红—紫灰色泥质粉砂岩、粉砂质泥岩。与早期曲流河沉积相比较,气候变得更加干旱炎热,形成一套以紫红色为主要色调的杂色岩相组合。河漫滩、曲流砂坝沉积发育,曲流河二元结构沉积趋于典型。

四、层序地层学分析

变化。基准面上升早期,主要发育辫状河及辫状河三角洲沉积;基准面缓慢下降期,沉积相以曲流河沉积为主。

5 基准面升降旋回中形成的含矿建造具有良好的地层结构;基准面上升早期形成的辫状河河道砂体具连通性好、粒度粗、碎屑含量高、杂基含量低及孔渗条件好等特点,是主要的含矿层。

论文评审人对本文提出了宝贵的修改意见,作者在此对他们的辛勤劳动表示衷心感谢!

参 考 文 献

- 邓宏文,王红亮,阎伟鹏,苏宗福,谢晓军,宋国齐,林会喜. 2004. 河流相层序地层构成模式探讨. 沉积学报, 22(3): 373—379
- 焦养泉,陈安平,杨 琴,彭云彪. 2005. 砂体非均质性是铀成矿的关键因素之一——鄂尔多斯盆地东北部铀成矿规律探讨. 铀矿地质, 21(1): 8—15
- 李胜祥,陈肇博,陈祖伊,向伟东,蔡煜琦. 2001. 层序地层学在陆相沉积盆地内砂岩型铀矿找矿中的应用前景. 铀矿地质, 17(4): 204—208
- 刘德长,叶发旺,张杰林,赵英俊. 2004. 遥感应用技术研究与实践——以东胜—神木地区铀资源勘查为例. 国土资源遥感, 59(1): 12—14
- 王双明,张玉平. 1999. 鄂尔多斯侏罗纪盆地形成演化和聚煤规律. 地学前缘, 6(增刊): 147—155
- 吴仁贵,陈安平,余达淦,祝民强,周万蓬. 2003. 沉积体系分析与河道砂岩型铀矿成矿条件讨论——以鄂尔多斯中新生代盆地东胜地区为例. 铀矿地质, 19(2): 94—99
- 肖新建,李子颖,李胜祥. 2003. 层序地层学研究 with 砂岩型铀矿床找矿勘探. 地质找矿论丛, 18(2): 84—87
- 肖新建,李子颖,陈安平. 2004. 东胜地区砂岩型铀矿床后生蚀变矿物分带特征初步研究. 铀矿地质, 20(2): 136—141
- 杨俊杰,裴锡古. 1996. 中国天然气地质学. 北京:石油工业出版社. 3—20
- 郑荣才,彭 军,吴朝容. 2001. 陆相盆地基准面旋回的级次划分和研究意义. 沉积学报, 19(2): 249—255
- 郑荣才,尹世民,彭 军. 2000. 基准面旋回结构与叠加样式的沉积动力学分析. 沉积学报, 18(3): 369—375
- 《中国地层典》编委会. 2000. 中国地层典 侏罗系. 北京:地质出版社. 4: 126—127
- 朱西养,汪云亮,王志畅,张成江,刘建华. 2003. 东胜砂岩型铀矿微量元素地球化学特征初探. 地质地球化学, 31(2): 39—46
- Bridge J S. 1993. The interaction between channel geometry water flow, sediment transport and deposition in braided rivers. In: Best J L & Bristow C S eds. Braided Rivers. Geological Society, Special Publication 75: 13—71
- Cross T A. 2000. Stratigraphic controls on reservoir attributes in continental strata. Earth Science Frontiers, 7(4): 322—350
- Deng Hong-wen, Wang Hong-liang, Yan Wei-peng, Su Zong-fu, Xie Xiao-jun, Song Guo-qi & Lin Hui-xi. 2004. Architecture model of sequence stratigraphy in fluvial facies. Acta Sedimentologica Sinica, 22(3): 373—379
- Editorial Committee of China Lexicon. 2000. China Lexicon Juristic. Beijing: Geological Publishing House. 126—127
- Jiao Yang-quan, Chen An-ping, Yang Qin & Peng Yun-biao. 2005. Sand body heterogeneity: one of the key factors of uranium metallogenesis in Ordos Basin. Uranium Geology, 21(1): 8—15
- Li Sheng-xiang, Chen Zhao-bo, Chen Zu-yi, Xiang Wei-dong & Cai Yu-qi. 2001. Application potential of sequence stratigraphy to prospecting for sandstone-type uranium deposit in continental depositional basins. Uranium Geology, 17(4): 204—208
- Liu De-chang, Ye fa-wang, Zhang jie-lin & Zhao Yin-jun. 2004. Research on the post-remote sensing application technology and its geological practice: a case study of uranium resource exploration in Dongsheng-Shenmu area. Remote Sensing for Land and Resources, 59(1): 12—14
- Wang shuang-ming & Zhang Yu-ping. 1999. Study on the formation, evolution and coal-accumulating regularity of the Jurassic Ordos Basin. Earth Science Frontiers, 6 (suppl.): 147—155
- Wu Ren-gui, Chen An-ping, Yu Da-gan, Zhu Min-qiang & Zhou Wan-peng. 2003. Analysis on depositional system and discussion on ore formation conditions of channel sandstone type uranium deposit——taking Dongsheng area, Ordos Meso-Cenozoic basin as an example. Uranium Geology, 19(2): 94—99
- Xiao Xin-jian, Li Zi-ying & Li Sheng-xiang. 2003. The sequence stratigraphy and the prospecting of sandstone type uranium deposit. Geology Prospection Contention, 18(2): 84—87
- Xiao Xin-jian, Li Zi-ying & Chen An-ping. 2004. Preliminary study on features of mineralogical zoning of epigenetic alteration at sandstone-type uranium deposit, Dongsheng area, Ordos Basin. Uranium Geology, 20(2): 136—141
- Yang Jun-jie & Pei Xi-gu. 1996. Natural gas geology in China. Beijing: The Petroleum Industry Press. 3—20
- Yang Yong-tai, Li Wei & Ma Long. 2005. Tectonic and stratigraphic controls of hydrocarbon systems in the Ordos Basin: A multicycle cratonic basin in central China. AAPG Bulletin, 89(2): 255—269
- Zheng Rong-cai, Peng Jun & Wu Chao-rong. 2001. Grade division of base-level cycles of terrigenous basin and its implications. Acta Sedimentologica Sinica, 19(2): 249—255
- Zheng Rong-cai, Yi Shi-min & Peng Jun. 2000. Sedimentary dynamic analysis of sequence structure and stacking pattern of base-level cycle. Acta Sedimentologica Sinica, 18(3): 369—375
- Zhu Xi-yang, Wang Yun-liang, Wang Zhi-chang, Zhang Cheng-jiang & Liu Jian-hua. 2003. Trace element geochemistry of sandstone-type uranium deposits in Dongsheng area. Geology Geochemistry, 31(2): 39—46

SEDIMENTARY MICROFACIES AND SEQUENCE STRATIGRAPHY OF SANDSTONE-TYPE URANIUM DEPOSIT IN THE DONGSHENG AREA OF THE ORDOS BASIN

YANG Ren-chao¹⁾, HAN Zuo-zhen¹⁾ and FAN Ai-ping¹⁾²⁾

1) Key Laboratory of Mine Disaster Prevention and Control, Ministry of Education; Department of
Geoscience and Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, 266510;

2) Department of Geology, Northwest University, Xi'an, 710069

Abstract Sandstone-type uranium deposit in the Jurassic Zhiluo Formation in the Dongsheng area of the Ordos Basin is the first discovered giant uranium deposit in a cratonic basin in China. The petrology, sedimentology, sequence stratigraphy and their relationships with uranium deposits were investigated by synthesizing field and experimental data. Our data show that sedimentary facies of the Zhiluo Formation in the Dongsheng area underwent a transition from a braided stream system (braided deltas) to a meandering stream system. The transition from braided streams to braided delta plains was favorable to uranium deposition. The sequence of the Zhiluo Formation consists of one long-term base-level cycle, 6 middle-term base-level cycles and 17 short-term base-level cycles. Fluctuation of base-level cycles resulted in an ore-hosting stratal architecture. Lithology of braided channel sand bodies deposited at the beginning of base-level rises is light-gray to gray, coarse to medium feldspathic litharenite and lithic arkose. Such sand bodies have good porosity, permeability, coarse granularity, high debris content, and low matrix content, which were most important for the formation of uranium ores.

Key words sandstone-type uranium deposit, sedimentary microfacies, sequence stratigraphy, Zhiluo Formation, Jurassic, Ordos Basin, Inner Mongolia

中国化石藻类学会第十三次学术年会即将召开

中国化石藻类学会第十三次学术年会拟于2007年10月下旬在贵州省贵阳市召开。会议将邀请有关专家介绍当今化石藻类研究领域的热点和主要方向,交流化石藻类及相邻学科的研究进展。会后将组织贵州省镇宁地区碳酸岩岩溶地质野外考察以及黄果树瀑布、织金洞地区地质地貌考察。热忱欢迎广大会员及相邻学科的专家学者与会交流。

欲参会同行请与联系人王金龙联系(电话:025-83282214,电子邮箱:jlwang@nigpas.ac.cn,通讯地址:南京市北京东路39号中国科学院南京地质古生物研究所,邮编210008)

(中国化石藻类学会秘书处 供稿)

中国古生物学会古植物学分会2007年学术年会 暨庆祝李星学院士90寿辰学术讨论会召开

中国古生物学会古植物学分会2007年学术年会暨庆祝李星学院士90寿辰学术讨论会于2007年6月23日在南京东郊宾馆举行,同时举行了《李星学文集》发行仪式。

(中国古生物学会古植物学分会秘书处 供稿)