

鄂尔多斯盆地延长组长 6 期湖盆中部砂体发育特征

惠 潇, 张海峰

(中国石油天然气集团公司长庆油田公司 勘探开发研究院, 陕西 西安 710021)

摘要: 通过对鄂尔多斯盆地延长组长 6 期湖盆中部地区物源分析、沉积相特征等研究, 分析了厚层砂体的形成机理和砂体类型。认为长 6 期物源主要来自东北、西南方向, 发育三角洲前缘水下分流河道、河口坝、远端砂坝和浊流等砂体类型, 湖盆演化从鼎盛转向萎缩的长 6 早期厚层砂体比较发育。白豹、合水地区砂层厚度大, 储层条件良好, 是石油勘探的有利地区。

关键词: 鄂尔多斯盆地; 延长组; 长 6 期; 湖盆中部; 砂体成因

中图分类号: TE121.1; P618.13 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2009)01-0053-05

Characters of Sand Bodies in Chang 6 Section of Yanchang Formation in the Central Lake Basin of Ordos Basin

HUI Xiao, ZHANG Hai-feng

(Exploration and Development Research Institute of Changqing Oilfield Company,
China National Petroleum Corporation, Xi'an 710021, Shaanxi, China)

Abstract By source analysis and researches on the sedimentary characteristics, the formation mechanism and types of the thick sand bodies in Chang 6 period in central lake basin of Ordos basin is studied. The source of sand bodies is situated in the northeast and the southwest where the sedimentary facies include submerged distributary channel, mouth bar, distal bar and turbidite. The thick sand bodies developed in the early Chang 6 period when the lake basin transformed from raise to fall. Baibao and Heshui areas are the favorable zones for oil exploration due to the features of great sandstone thickness.

Key words: Ordos basin; Yanchang formation; Chang 6 period; the central lake basin; cause of sand bodies formation

0 引言

鄂尔多斯盆地从上三叠统开始进入内陆拗陷盆地发育阶段, 湖盆在发生—发展—消亡沉积演化过程中形成了完整的湖泊—三角洲相沉积演化旋回^[1-4]。由下至上可将延长组按沉积旋回划分为 10 个油层组, 总沉积厚度 1 000 ~ 1 200 m, 长 7 期湖盆进入全盛时期, 广阔水域形成浅湖—半深湖相的大型暗色泥岩、油页岩互层沉积拗陷, 沉积范围达 $10 \times 10^4 \text{ km}^2$, 形成了中生界最主要的烃源岩^[5-9]。鄂尔多斯盆地延长组湖盆中部系指上三叠统延长组深水湖盆较为发育的白豹—塔儿湾—合

水地区(图 1), 该区区长 7 主力生油岩厚度 30 ~ 40 m, 在岩心中常常可以观察到成层密集分布的铜川介(*Tungchania houae*, *T. aurita*)、叶肢介类、大量鱼鳞片、遗迹化石以及广泛发育半深湖—深湖相黑色泥页岩, 为覆水较深的强还原半深湖—深湖沉积环境。

随着鄂尔多斯盆地石油勘探的逐渐深入, 在延长组湖盆中部地区的勘探不断获得发现, 已发现的 3 级储量近 $4 \times 10^8 \text{ t}$, 突破了传统观点认为鄂尔多斯盆地延长组湖盆中部地区以泥质岩类沉积为主、缺乏有效的砂岩储集体的认识。长期以来, 针对湖盆中部地区延长组长 6 砂体发育特征开展

收稿日期: 2008-04-20

基金项目: 中国石油天然气集团公司科技项目(060106)

作者简介: 惠 潇(1974—), 男, 陕西高陵人, 工程师, 工学硕士, 从事石油地质研究。E-mail: hx_cq@petrochina.com.cn

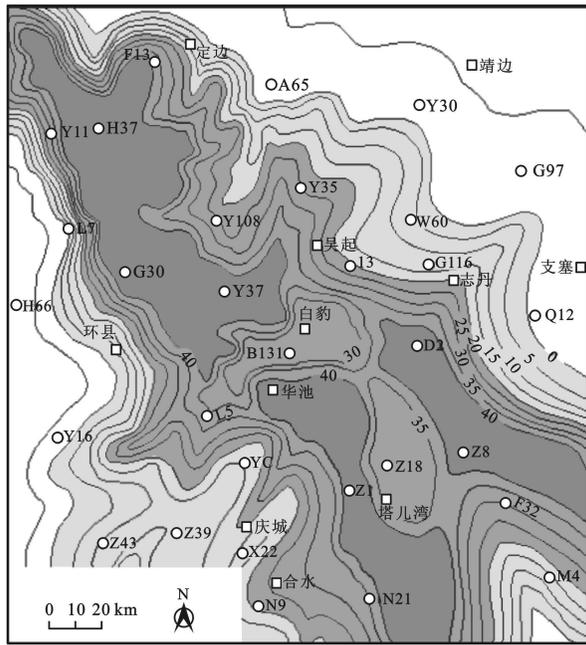


图 1 鄂尔多斯盆地延长组长 7 烃源岩厚度分布

Fig. 1 Distribution of Thickness of Hydrocarbon-bearing Rock in Chang 7 Formation Ordos Basin

的研究工作较少^[7-12],笔者通过对物源分析、沉积相特征及砂体形成机理等研究,分析了砂体发育特征和分布规律,对该区进一步勘探和开发提供了重要依据。

1 物源分析

1.1 碎屑组合特征

鄂尔多斯盆地延长组湖盆中部长 6 期主要发育东北、西南两大三角洲沉积体系,两大沉积体系碎屑组成上存在很大差异,其中东北沉积体系碎屑成分具有高长石、低石英的特点,而西南沉积体系碎屑成分为相对高石英、低长石。白豹地区属于东北物源沉积,岩石类型主要为长石砂岩、岩屑长石砂岩,石英体积分数平均为 24.34%,长石体积分数为 41.00%,岩屑体积分数为 15.66%;合水地区属于西南物源沉积,岩石类型以长石岩屑砂岩为主,其中体积分数石英平均为 45.90%,长石为 18.3%,岩屑为 17.60%;塔儿湾地区位于混源区,岩石类型以岩屑长石砂岩为主,其中体积分数石英为 31.03%,长石 38.64%,岩屑为 16.95%(表 1)。

1.2 重矿物组合特征

重矿物是判断母岩性质和物源方向最重要的标识之一,在鄂尔多斯盆地湖盆中部地区延长组长 6

表 1 鄂尔多斯盆地湖盆中部地区长 6 砂岩碎屑成分

Tab. 1 Sandstone Clastic Constituents of Chang 6 Formation in the Central Area Ordos Basin $\varphi_B/\%$

地区	石英	长石类	岩屑				小计
			岩浆岩	变质岩	沉积岩	其他	
安塞	20.86	54.07	2.00	5.83	0.00	4.57	12.50
塔儿湾	31.03	38.64	3.59	4.51	3.64	5.15	16.95
白豹	24.34	41.00	2.37	5.02	1.97	6.30	15.66
合水	45.90	18.30	3.10	8.30	2.40	3.80	17.60

砂岩储层重矿物组合特征平面上具有一定的分区指示性。白豹和塔儿湾地区锆石含量占绝对优势,稳定矿物锆石、金红石和电气石三者体积分数之和一般为 65%~90%,含少量的石榴石;合水地区主要为锆石+金红石+电气石组合,其中金红石和电气石体积分数一般为 3%~12%,石榴子石较低,并发育具有西南沉积体系的特征矿物硬绿泥石,最高可 20%。

1.3 地震前积反射特征

该区地震测线以沟中弯线为主,通过开展黄土塬区高分辨率地震攻关试验,地震资料品质显著提高^[13]。由于湖盆中部地区沉积环境比较稳定,地震反射以平行结构为主,在一些地震剖面上发现了典型的前积反射特征,可以指示物源方向。

白豹地区延长组长 6 期地震前积反射方向总体为南西向,合水地区地震前积反射方向总体为北东向,华池南—塔儿湾一带为东北、西南两大物源的交汇区(图 2)。

2 沉积相分析

晚三叠世鄂尔多斯盆地为拗陷型盆地,东北部沉积地形较为平缓,西南部较陡,受其沉积地形的控制,盆地东北部发育曲流河三角洲沉积,西南部为辫状河三角洲沉积。在湖盆中部地区延长组长 6 油层组主要发育三角洲前缘亚相、前三三角洲亚相、半深湖—深湖亚相和浊流沉积亚相。

2.1 三角洲前缘亚相

为河流入湖水下沉积的主要部分,位于河流入湖口至深湖之间的滨浅湖地带,主要发育水下分流河道、河口坝、分流间湾、天然堤等沉积微相。砂岩分选、磨圆均较好,发育平行层理、波状层理和各种交错层理。

2.2 前三三角洲亚相

位于三角洲前缘更靠近深湖中心的前方,前端

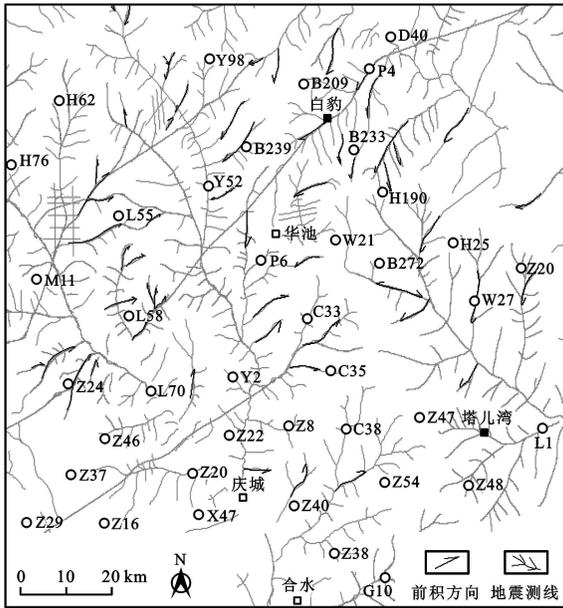


图 2 鄂尔多斯盆地湖盆中部长 6 期地震前积反射分布
Fig 2 Seismic Progradation Reflection Distribution Map of Chang 6 Formation in the Central Lake Basin of Ordos Basin

深入半深湖区, 主要由暗色泥岩和粉砂质泥岩组成, 常发育水平层理及块状层理, 前三角洲暗色泥岩富含有机质, 可作为良好的生油岩。

2.3 半深湖—深湖亚相

位于浪基面以下, 水动力条件较弱, 岩性主要为粉砂质泥岩、黑色泥岩、油页岩, 水平纹理发育。由厚层深灰、灰黑色泥岩或炭质泥岩与灰绿色、深灰色泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、粉-细砂岩的薄互层、韵律层组成, 反映深水沉积特征。常见滑塌变形、包卷层理、沟模、槽模、泥火焰构造和水平层理、沙纹层理、波状层理等特征。

2.4 浊流沉积亚相

浊积岩具有特定的沉积结构构造及其组合, 粗细混杂的悬浮物质在水动力条件逐渐减弱的情况下依次发生有序沉积, 形成了浊积岩特有的粒级递变的韵律层, 即鲍玛序列。本区鲍玛序列一般发育不完整, 主要有 ABE、ACD、BCD、BC、CDE 及 DE 等组合类型, 厚度变化较大, 具有正粒序性和多期韵律性旋回。

从下向上常见的沉积构造有槽模、沟模、重荷模、火焰构造、泥岩撕裂屑及撕裂团块等重要标志。

另外杨华等对合水地区长 6 砂岩粒度参数 C-M 图进行了研究^[7], 表明浊流沉积物递变悬浮特征和分选性具有高度一致性。

3 厚层砂体形成原因

3.1 厚层砂岩形成机理

从时间上看, 鄂尔多斯盆地湖盆中部地区厚层块状砂岩储集体主要发育在湖盆演化从鼎盛转向萎缩的长 6 早期^[14]。随着侵蚀基准面下降, 物源区剥蚀量增大, 为三角洲发育提供了充足的物源, 三角洲前缘砂体不断向深湖区进积, 在砂体前端形成了稳定性较差的陡倾的斜坡环境。

该时期湖盆中部地区为深湖—半深湖环境, 三角洲前缘砂体与下伏深水泥质岩类接触, 由于深水泥岩质纯、富含水、岩性较软, 其上的三角洲前缘砂岩储集体容易沿斜坡继续向深湖中心滑动, 形成延伸范围较远的具有三角洲前缘和浊流复合沉积特征的厚层砂体沉积。

3.2 湖盆底形对砂体分布的影响

水下坡折带是河流入湖后能量变化的枢纽, 多位专家学者的研究表明, 坡折带对沉积砂体的分布有重要的控制作用^[15-17]。鄂尔多斯盆地长 6 期发育浅水、深水两种类型的水下坡折带, 其中湖盆中部的深水坡折带可进一步分为缓坡型和陡坡型两种类型。

延长组长 6 沉积时期, 湖盆东北部总体坡度较缓, 在吴起南湖盆底形坡度突然变陡, 三角洲前缘水下分流河道砂体在深水坡折带下部的深湖中心发生滑塌、卸载, 先期形成的砂体遭受后期水道的下切、侵蚀作用, 或直接叠加在其上, 形成了分流河道与滑塌砂体相互叠置的厚层砂岩复合体, 垂直坡折带分布。位于合水地区的西南部陡坡型沉积发育多期浊积砂岩的复合体, 平行坡折带分布(图 3)。

4 砂体发育特征及石油地质意义

4.1 砂体类型

湖盆中部地区长 6 期的厚层砂岩储集体主要发育三角洲前缘水下分流河道、河口坝、远端砂坝和浊流砂体类型。

4.1.1 水下分流河道砂体

该砂体为三角洲前缘的骨架砂体, 一般具有粒度向上变细的正粒序结构, 水动力条件相对较强, 岩相组合复杂。岩心见到波状交错层理、板状交错层理等构造现象, 在测井曲线上表现为钟形。尽管白豹地区长 6 下部细粒沉积物中见到槽模、沟模、

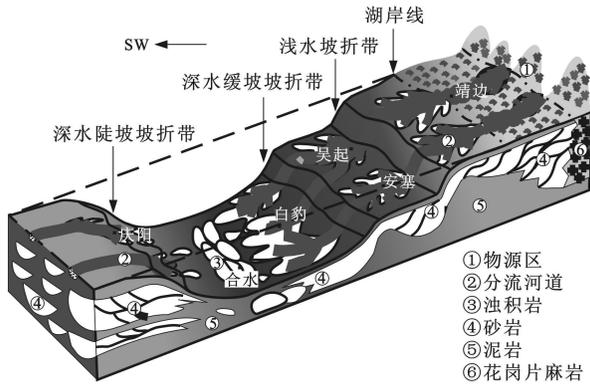


图 3 鄂尔多斯盆地延长组长 6 坡折带沉积砂体分布模式

Fig. 3 Distribution Model for the Sand Bodies Sediment of Slope break in Chang 6 Formation Ordos Basin

火焰状构造等各种底模构造,但厚层砂岩常常具有板状交错层理、楔状交错层理、平行层理等明显地牵引流作用的层理类型,自然电位曲线呈钟形,因此仍属于受牵引流控制的三角洲前缘水下分流河道沉积产物。由于水下分流河道不断进积而导致水下天然堤不发育,在纵向上形成厚度较大的叠置河道砂体,横向连通性较好(图 4)。

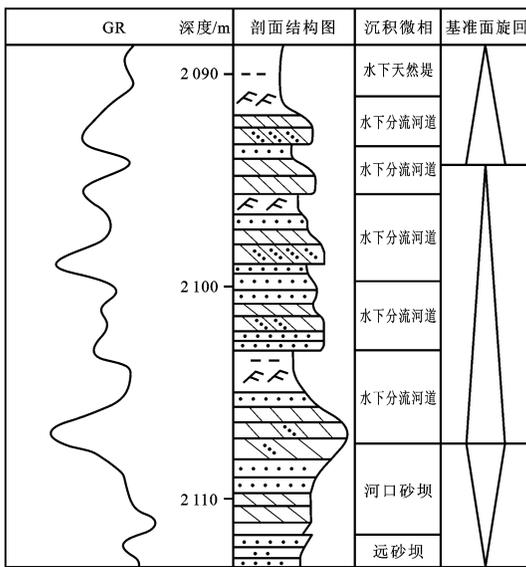


图 4 B239 井长 6 砂体剖面

Fig. 4 Section of Sand Body in Chang 6 Formation of B239 Well

4.1.2 河口坝砂体

在湖平面下降的情况下,沉积物供给速率大于新增可容空间的增加速率,三角洲不断向湖盆中心推进,形成进积型三角洲前缘序列,发育河口坝砂体,具有向上粒度变粗、砂层厚度增大的反旋回特点。沉积构造自下而上为沙纹层理、透镜状层理、

交错层理、断续平行层理和板状交错层理。电测曲线表现为中幅—中高幅的漏斗—钟形曲线组合和连续的前积式幅度组合。

4.1.3 远端坝砂体

一般位于三角洲前缘末端,与前三角洲泥岩沉积共生。砂岩粒度较细,岩性以粉细砂岩及泥质粉砂岩为主,向上粒度略变粗。测井曲线自然伽马值较高,显示砂质含量低、泥质含量高的特点。

4.1.4 浊流砂体

受湖盆底形、盆地演化与构造运动的影响,湖盆中部地区容易形成大型复合浊积砂带^[7]。浊流沉积在长 7 湖泛期最为发育,长 6 期湖盆中部的合水、塔儿湾地区也发现了大量的浊积砂体,主要为三角洲前缘沉积物沿斜坡滑塌所形成。砂岩粒度细,具均匀块状结构和以鲍玛序列为标志的正粒序和多个韵律性旋回。

4.2 平面分布规律

湖盆中部地区长 6 油层组发育两种搬运机制的砂岩,即牵引流作用下沉积的三角洲砂岩和重力流搬运的浊积砂岩,这两种性质的砂岩在成因和延伸方向上均存在显著差异。白豹地区长 6 主体以三角洲前缘砂体为主,长 6 早期砂体规模较大,发育呈北东—南西向垂直于湖岸线展布的 5 条砂体,宽 8~15 km,靠近混源区的深湖中心部位,各条水下分流河道交汇连片,形成大面积分布的叠合砂体,宽度大于 30 km;在华池南—合水—塔儿湾—线,广泛发育的滑塌浊积砂体拼接成一体,形成呈北西—南东向平行湖岸线展布、延伸约 150 km 的巨型浊积砂带(图 5)。

4.3 石油地质意义

湖盆中部地区位于生烃中心,油源供应充足,而且构造稳定,砂体两侧广泛发育的泥质沉积形成了较好的盖层,是石油勘探的有利地区。

延长组长 6 油层组主要发育岩性油藏,具有砂体厚度大、分布稳定、含油面积广的特点,因此储层条件为影响该区石油成藏的关键因素。根据砂体展布规律,在白豹、合水地区分别按照北东—南西向、北西—南东向的部署思路实施勘探,可进一步提高探井成功率和勘探效益。

5 结语

(1)通过岩矿成分、地震前积反射分析,鄂尔多斯盆地延长组湖盆中部长 6 期物源方向主要来自

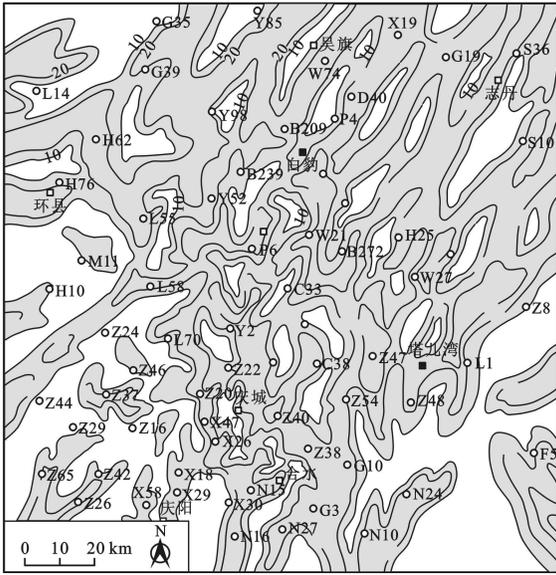


图 5 鄂尔多斯盆地湖盆中部延长组长 6 早期砂体展布

Fig. 5 Sand Bodies Distribution Map of the Early-chang 6 in the Central Lake Basin

东北、西南两个方向,白豹、合水地区分别为东北、西南两大三角洲沉积体系。

(2)湖盆演化从鼎盛转向萎缩的长 6 早期厚层砂体比较发育,受湖盆底形影响,深水坡折带对白豹、合水地区砂体分布有一定的控制作用。

(3)白豹地区长 6 主体以三角洲前缘砂体为主,砂带呈北东—南西向展布,垂直于湖岸线分布;合水地区广泛发育的浊积岩复合叠加,形成平行湖岸线展布的巨型浊积砂带。

(4)湖盆中部地区石油成藏条件有利,根据砂体展布方向,在白豹、合水地区可采用不同的部署思路实施勘探,进一步提高探井成功率和勘探效益。

参考文献:

[1] 长庆油田石油地质志编写组. 中国石油地质志: 第十二卷 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1992.
[2] 党 犇, 赵 虹, 李文厚, 等. 鄂尔多斯盆地陕北地区上三叠统延长组不同级次层序界面的识别 [J]. 中国地质, 2007, 34(3): 414-421.

[3] 赵文智, 王新民, 郭彦如, 等. 鄂尔多斯盆地西部晚三叠世原型盆地恢复及其改造演化 [J]. 石油勘探与开发, 2006, 33(1): 6-13.
[4] 郑孟林, 金之钧, 王 毅, 等. 鄂尔多斯盆地北部中生代构造特征及其演化 [J]. 地球科学与环境学报, 2006, 28(3): 31-36.
[5] 杨 华, 张文正. 论鄂尔多斯盆地长 7 段优质油源岩在低渗透油气成藏富集中的主导作用: 地质地球化学特征 [J]. 地球化学, 2005, 34(2): 147-154.
[6] 侯林慧, 彭平安, 张文正, 等. 鄂尔多斯盆地姬塬—西峰地区原油地球化学特征及油源分析 [J]. 地球化学, 2007, 36(5): 497-506.
[7] 杨 华, 邓秀芹, 吕剑文, 等. 鄂尔多斯盆地延长组湖盆中部大型复合浊积体发育特征及浊积岩形成控制因素分析 [J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2006, 36(专辑): 1-5.
[8] 付金华, 郭正权, 邓秀芹. 鄂尔多斯盆地西南地区上三叠统延长组沉积相及石油地质意义 [J]. 古地理学报, 2005, 7(1): 34-44.
[9] 田景春, 陈高武, 奚伟坦, 等. 湖泊三角洲前缘砂体成因组合形式和分布规律——以鄂尔多斯盆地姬塬白豹地区三叠系延长组为例 [J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2004, 31(6): 636-640.
[10] 郑荣才, 文华国, 韩永林, 等. 鄂尔多斯盆地白豹地区长 6 油层组湖底滑塌浊积扇沉积特征及其研究意义 [J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2006, 33(6): 566-575.
[11] 郝世彦, 李 旦. 志丹油田田正区三叠系延长组长 6 石油地质特征 [J]. 西北地质, 2005, 38(4): 94-101.
[12] 郭艳琴, 李文厚, 陈全红, 等. 陇东地区延长组层序地层特征及油气勘探意义 [J]. 中国地质, 2007, 34(3): 406-413.
[13] 方成水, 蒋加钰, 刘 强. 陇东地区中生界隐蔽圈闭研究 [J]. 石油地球物理勘探, 2005, 40(增刊): 61-64.
[14] 陈全红, 李文厚, 郭艳琴, 等. 鄂尔多斯盆地南部延长组浊积岩体系及油气勘探意义 [J]. 地质学报, 2006, 80(5): 656-663.
[15] 刘 豪, 王英民, 王 媛, 等. 大型拗陷湖盆坡折带的研究及其意义——以准噶尔盆地西北缘侏罗纪拗陷湖盆为例 [J]. 沉积学报, 2004, 22(1): 95-102.
[16] 冯有良, 徐秀生. 同沉积构造坡折带对岩性油气藏富集带的控制作用——以渤海湾盆地古近系为例 [J]. 石油勘探与开发, 2006, 33(1): 22-25.
[17] Eschard R. Geological Factors Controlling Sediment Transport from Platform to Deep Basin: a Review [J]. Marine and Petroleum Geology, 2001, 18(4): 487-490.

本刊迁址公告

本刊编辑部已于 2008 年 10 月迁至新地址办公, 详细通讯地址如下: 西安市南二环路中段长安大学学报《地球科学与环境学报》编辑部。

邮政编码: 710064; 电话: 029-82334686; E-mail: dkyhxb@chd.edu.cn

《地球科学与环境学报》编辑部