

复杂构造多断层油藏小层对比分析

杨昱杰

吉林油田分公司扶余采油厂地质研究所, 吉林松原 138000

摘要 针对小层对比工作在复杂构造、多断层油藏很容易出现分析失误,使油水井注采关系不清,区块完善程度不清,给地质研究、动态分析和开发决策造成严重的影响,本文以吉林油田扶余采油厂西区的小层对比分析为例,采用常规油层对比的同时,结合构造位置、构造趋势及钻井地质录井资料等,进行了多井分析判断,及时发现断层。通过对 1984 年以来 728 口新井小层对比分析,特别是对 14 口钻遇断层井的分析,经三维地震资料验证,与分析结果基本吻合,进一步完善了油层对比方法。

关键词 油藏小层;多断层;标准层;构造位置;动态分析;三维构造验证

中图分类号 TE357.45

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2009)24-0046-05

Comparison Analysis of Mini-oil Layer of Complex Structures on Oil Reservoir of Multi-faultage

YANG Yujie

Research Institution of Geology, Petroleum Extraction Mill of Fuyu, Jilin Oilfield Filiale, Songyuan 138000, Jilin Province, China

Abstract The dynamic analysis of oil reservoir is important both in theory and in practice. According to a comparison analysis, the faults of mini-oil layers on complex structures and the multi-faults of oil reservoir would make the production-injection relation of the oil and water wells and the block completion degree unclear and would even have thorny effects on the whole geological research. The dynamic analysis, a new approach of perfecting the comparison method on the oil layers is carried out for an example for the comparison analysis on the mini-oil layers of the western fourth section of the oil extraction area of Fuyu in Jilin oilfield in this paper. The multi-wells are analyzed to discover faults betimes by adopting conventional comparison on the oil layers and considering the position of the geological formation, the tendency of geological formation and the drilling geologic logging data. The analysis results of three-dimensional seismic data show that the drilling faults and the neighborhood fault wells are consistent basically with the comparison analysis on the mini-oil layers of 728 new wells, especially, the fourteen drilling meeting faultage wells from 1984. The comparison methods of the oil layers are further improved for

the further development of oil fields to obtain the relationship between the production-injection of the oil and water wells, which may provide a guide for practical work in the oil field.

Keywords mini-oil layer; multi-faultage; standard layer; position of geological formation; dynamic analysis; verification of three-dimensional structure

如果对油藏构造研究得透彻,那么油田的采收率将能得到较大的提高^[1-3]。吉林省扶余油田是低渗透多裂缝砂岩油藏,含油层系是白垩系泉头组第 4 段、第 3 段,埋藏深度在 280~540 m。从泉头组顶面(即扶余油层顶面)构造形态看,是一个被断层复杂化了的多高点穹隆背斜^[4]。断层均为正断层,断距一般为 20~70 m,由于断层切割,把扶余油田分成 3 个区^[7-8]。本文研究分析区块为西区,1970 年开始大面积开发,原始井网是 150 m 和 200 m 正三角形井网,经过了 1 次、2 次加密调整,现在正在进行 3 次加密调整^[9]。2003 年以前,使用的油层顶面构造图是油田初期根据二维地震资料绘制的,由于当时受技术条件限制,没能完全反映出构造的复杂性。其中,有相当一部分断层,在构造图上没有标记,即使标出的断层,也与钻井发现断层位置有一定的误差,给小层对比分析带来一定的难度。本文以吉林油田扶余采油厂西区的小层对比分析为例,在采用常规油层对比方法的同时,结合构造位置及构造趋势,进行了多井的分析判断。提出了一套油田大面积开发后油层对比的分析方法,并依据本方法所作的分析结果,判断断层位置及新发现的断层等,经大量的动态资料验证与 2004 年所测的三维地震结果基本吻合,可为相关油田小层对比分析提供参考。

1 油层对比分析方法

吉林油田扶余采油厂西区所有的油水井均是直井,油田

收稿日期:2008-12-29

作者简介:杨昱杰,工程师,研究方向为油藏研究,电子信箱:yyj.abc123@yahoo.com.cn



大面积开发后,陆续钻井所做的小层对比均采用电测曲线分析^[10],一般选用 2.5 m 底部梯度视电阻率曲线、自然电位、微电极曲线,划分标志层也参考声速曲线。每一新井,都有已分层的邻井,作为标准井的电测曲线编汇图。

1.1 资料的准备

分析资料包括新井井位图,油层顶面构造图,周围一线井的标准井电测曲线编汇图、邻井补心海拔或地面海拔、地质录井资料、必要时也要参考动态资料等。

1.2 油层对比分析方法

1.2.1 标准层的确定

在泉 4 段扶余油层顶面,是青山口组盖层。青山口组第 1 段的底部,有大面积稳定分布的菱铁矿,劣质油页岩薄层,在 2.5 m 底部梯度视电阻率曲线上表现为 3 个等间距的稳定的小高峰,一般中间峰略高,两两相距约 6 m,这是油层顶部的对比标准层,而标准层的底界线定在第 3 个尖峰处,简称为 AB 界线。

1.2.2 油层对比分析方法

采用大庆油田的“旋回对比,分级控制”的原则,由大到小逐渐控制,逐级对比的方法^[2]。用标准层控制油层组,用 3 级旋回划分砂岩组,以 4 级旋回划分对比单层。具体步骤是:

1) 确定标准层,并记录 AB 界线数据。用 2.5 m 底部梯度视电阻率曲线 3 个等间距小高峰中第 3 个尖峰处,如果该曲线反映不明显,可参考声速曲线,为避免受断层影响,最好参考地质录井资料。

2) 确定本井 AB 界线所在的顶面构造位置。这非常重要,因为扶余油层顶面构造图是以标准层 AB 界线数据画出的,目的是判断分析井 AB 界线数据所处的构造线位置是否异常,从而判断是否存在断层等。用补心海拔减去电测曲线上的读数,如果无补心海拔,可用地面海拔作参考。

3) 对比分层。用周围一线井的标准井电测曲线编汇图逐一对比,把要分层的井按照标准层控制下的岩性相近、厚度大致相当、电测曲线形态相似的方法来划分油层组、砂岩组、小层的界线,并用规定的符号标记。砂岩组底界用红点,小层底界用铅笔黑点。钻遇断层并要仔细确定 AB 界线的构造位置和各砂组、小层所处的油藏构造位置,并把分析结果断层深度、断失层位、断距等内容标注在要分层井的电测图幅上。

4) 连通对比。以对比井为中心,向周围井对比。为了不漏掉应对比的井,写对比井号时要有一定的顺序,如按顺时针方向,从西北、正北,直到正西为止。填写好连通数据表,连通时直接写小层号,岩性歼灭写成△,断失写成[0],没钻穿写成(0);与钻遇断层上的井对比时,不连通的那盘要注明“断层错开”的字样。

5) 区域统层分析。任何一新井的对比分析,在与周围一线井对比后,还要拉成能反映构造形态的构造剖面,看分析结果与构造趋势是否吻合,被确定的小层地层深度的顶底界线要达到点、线、面的一致。另外,还要跟踪投产(或投注)后的动态反映,验证对比分析的可靠性。用以上方法,对 1984 年以来 728 口新井作油层对比分析,确定了 14 口井为钻遇断层井,见表 1。

表 1 14 口钻遇断层井断层要素分析							
Table 1 Analysis of important factors of the fourteen wells on drilling meeting faultages							
序号	井号	断点深度/m	断距/m	断失层位	走向	倾向	油层位置
1	24-7.2	397.0	5.8	泉 4 段 1 小层至 AB 界线	北-北东	东南	下盘
2	11-05	462.4	42.8	泉 4 段 8 小层底至杨大城 1 小层	北-北东	东南	上部上盘,下部下盘
3	+11-01	378.0	9.8	泉 4 段 5~6 小层	北-北东	西北	上部上盘,下部下盘
4	27-12	450.0	17.0	泉 4 段 2~4 小层	北-北东	西北	下盘
5	27-017	390.0	15.4	泉 4 段 1~4 小层	南北	东	上部上盘,下部下盘
6	23-15.4	424.0	62.8	泉 4 段 2~12 小层	北-北东	东南	上部上盘,下部下盘
7	25-8.2	386.2	83.0	泉 4 段 8 小层至青 1 段顶	北-北西	西北	下盘
8	27-24.1	381.8	10.6	AB 界线至泉 4 段 2 小层顶	北-北西	西南	下盘
9	39-25.2	423.0	19.6	泉 4 段 2~5 小层	北-北西	东北	下盘
10	39-24	419.4	25.6	泉 4 段 1~5 小层	北-北西	东北	下盘
11	37-26.2	433.2	52.8	AB 界线至泉 4 段 8 小层底	北-北东	西北	下盘
12	18-0.2	424.4	26.0	泉 4 段 5~8 小层	北-北西	西南	上部上盘,下部下盘
13	35-12	451.2	20.6	泉 4 段 2 小层至 AB 界线顶	北-北西	西南	下盘
14	29-7	442.0	32.0	泉 4 段 4~9 小层	北-北东	西北	上部上盘,下部下盘

2 油层对比分析特例及效果

2.1 水井 16-11 和油井 18-7.3 标记笔误的纠正

水井 16-11 与油井 18-7.3 是 1986 年 1 月新井,同时收到综合电测成果图幅,两井相距 760 m。地面海拔水井 16-11

为 145.48 m,油井 18-7.3 为 150.09 m,设计构造井位临近一条南北向断层线下盘约 35 m,是 18-7.1 井的更新井,与其相距 10 m 左右。且 16-11 与 18-7.3 两井位于断层同盘。对比时发现两井的井号标记时可能出现了相互颠倒的笔误。

2.1.1 发现 AB 界线的顶面构造位置不符

在确定标准层并分析 AB 界线的顶面构造位置时, 根据原图纸标记,16-11 井标准层底线 AB 界线在 386.6 m,折合构造位置-241.12 m,其设计井位构造位置-258 m,18-7.3 井 AB 界线在

405 m, 折合构造位置-254.91 m, 设计井位构造位置约在-238 m,对比时发现,两井电测曲线的 AB 界线构造位置与设计井位构造位置均不符合, 而其他相邻井电测曲线标准层底 AB 界线读数所折合构造位置,与油层顶面构造图基本吻合,见表 2。

表 2 16-11 和 18-7.3 井号纠正前(B)后(A)顶面构造位置分析
Table 2 Analysis of geological formation on top layer of wells 16-11 and 18-7.3 before (B) and after (A) putting right

	16-11 周围井				18-7.3 周围井				
	16-11-B	16-11-A	14-11	16-10	18-7.3-B	18-7.3-A	18-7.1	18-8.1	16-8
地面海拔/m	145.48	145.48	144.53	143.79	150.09	150.09	150.09	146.40	152.7
AB 界线/m	386.6	405.0	403.8	400.2	405.0	386.6	388.0	391.2	388.8
折合构造位置/m	-241.12	-259.52	-259.27	-256.41	-254.91	-236.51	-237.91	-244.8	-236.1
设计井位构造位置/m	-258	-258	-258	-260	-238	-238	-240	-245	-241

2.1.2 对比分层和纠正

用 2.5 m 底部梯度视电阻率曲线、自然电位、微电极曲线,把两井分别与周围井对比分层时发现,这两井的小层地层无缺失,说明均没有钻遇断层,但在标准层控制下曲线形态、厚度及岩性均不吻合,特别是 18-7.3 井与 18-7.1 井,相距 10 m,小层的相似性差异较大,如果把水井 16-11 与油井 18-7.3 两井号互换后再进行对比,曲线对应好,AB 界线的构造位置基本符合,由此判断出这两井的井号有误。经过核实与纠正,避免了两井误射的重大技术事故。

2.2 钻遇断层井的分析和效果

2.2.1 原下盘 23-15.4 井纠正为上盘

以 23-15.4 井做典型分析(图 1)。该井是 1997 年 3 月二次加密井,设计构造井位在断层下盘,东侧距一条北北东向断层约 40 m,其结果正打在断层上,油层部位在断层两盘。本井地面海拔 140.6 m,断点深度 440.8 m,断距 62.8 m,断失层位 2 小层底至 12 小层。

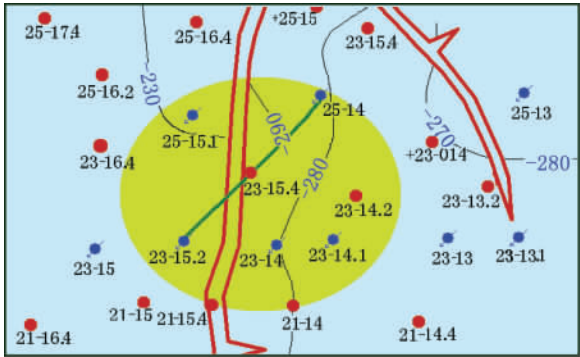


图 1 23-15.4 井区块油层顶面构造图

Fig. 1 Sketch map of top layer on the section of geological formation of oil layers of 23-15.4 faultage well

注:红点为油井,蓝点为注水井;红线为断层线,绿线为分析剖面在顶面的投影(下同)

Notes: Oil-well (red dots) and affusion water (blue dots); faultage lines (red line) and projection (green line) of the section plane at top layer (the same below)

对比分析步骤如下。

1) 确定标准层

标准层在 2.5 m 底部梯度视电阻率曲线上有 3 个等间距的小高峰,在标准层底部 AB 界线处声速曲线明显变快,进入扶余油层时,曲线幅度明显移动(图 2)。

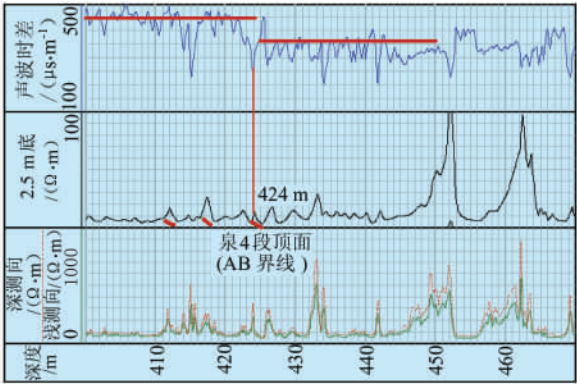


图 2 23-15.4 井 2.5 m 底部视电阻率曲线和声速曲线确定标准层

Fig. 2 Standard layer determined by curves of both resistance rate and velocity of sound for 23-15.4 faultage well at 2.5 m bottom

2) 确定本井 AB 界线所在的顶面构造位置

本井标准层底部 AB 界线读数 424.0 m, 折合构造位置-283.4 m。同时,把周围一线井电测曲线 AB 界线读数一一折合成构造位置分析,则本井 AB 界线构造位置与扶余油层顶面构造图断层上盘并趋势一致(表 3),因此断定本井标准层是打在了上盘,原构造井位图断层线位置有误。

3) 对比分层

在标准层控制下按照岩性相近,厚度相当,曲线形态相似方法,与周围井对比,划分油层组、砂岩组、小层的界线,发现本井小层缺失,明显有钻遇断层两盘的特征。钻遇断层井对比分层方法与普通井分析有一定的差别。由于扶余油田均是同生正断层,生长指数在 1.2 倍左右,因此分析上下盘时要

与同盘井对比,用曲线形态最相似并划分砂岩组底界,确定断点、断距及断失层位。具体方法是断点以上,从标准层开始向下对比直至断点为止;断点以下,从下部辅助标准层或某一层底界开始向上对比直至断点为止;邻井比本井对比多余的部分,即是断距,其中这段地层所含的小层即是断失层位。与多井对比时,则取平均值。为了分析结果与构造形态相符合,也要把断点深度、本井与邻井的小层地层深度一一折合成构造深度,画出油藏构造剖面图(图 3),应与整体构造趋势相符合。这一过程,也兼顾了区域统层分析。

4) 制作小层连通数据表

连通数据表中,直接写小层号表示连通,△表示岩性歼灭,(0)表示没钻穿;“断层错开”字样说明不在同盘上,数据及连通分析见表 4。

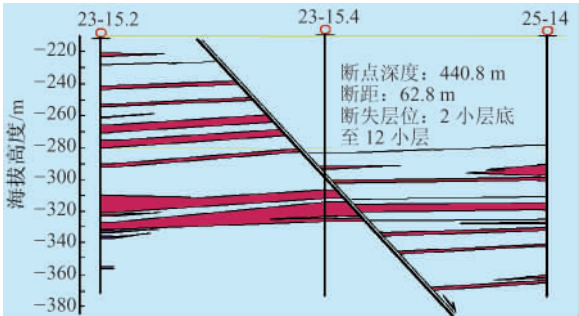


图 3 23-15.4 井与相邻井油层构造剖面示意图
Fig. 3 Sketch map on section of geological formation of oil layers for 23-15.4 faultage well and the neighborhood wells

表 3 23-15.4 井与周围井顶面构造位置分析

Table 3 Analysis of position of geological formation on top layer for 23-15.4 faultage well and the neighborhood wells

	下盘井号			上盘井号			本井号
	25-15	23-16.4	23-15.2	25-14	23-14	23-13	
地面海拔/m	141.12	151.52	144.84	139.92	143.72	140.37	140.6
AB 界线/m	370.2	374.4	374.2	418.0	420.6	411.5	424.0
折合构造位置/m	-229.08	-222.88	-229.36	-278.08	-276.88	-271.13	-283.4
设计井位构造位置/m	-225	-223	-230	-277	-275	-270	-225

表 4 23-15.4 井小层数据及连通分析

Table 4 Mini-oil layer data and connectivity analysis for 23-15.4 faultage well

解释层号	小层号	砂岩井段/m	砂岩厚度/m	本井层号	对比井号				
					25-15	25-14	23-14	23-15.2	23-16.4
1	2	431.8~433.2	1.4	2	断层错开	△	△	△断层错开	△断层错开
2	—	446.4~452.0	5.6	解 2	解 9	解 8 解 9 断层错开	(0) 断层错开	解 17	13+1
3		455.6~462.4	6.8	解 3	解 11	(0)	(0)	解 19	13+1
4		463.0~465.6	2.6	解 4	解 11	(0)	(0)	解 19	△

5) 确定可信度

跟踪投产后的动态反映,验证对比分析结果是可靠的;2004 年三维构造图显示,23-15.4 井扶余油层顶面构造位置确实在上盘,临近断层线,与当时分析结果吻合。

2.2.2 原上盘 25-8.2 井纠正为下盘及断层线的重新标定

25-8.2 井是 2001 年 5 月一次加密井,设计构造井位在断层上盘,西侧距一条北北西向断层约 100 m,结果正打在断层上,油层部位在断层下盘(图 4)。本井地面海拔 162 m,断点深度 386.2 m,断距 83 m,断失层位 8 小层至青一段顶部。

对比主要步骤为:

- 1) 确定标准层。本井标准层已断失。
- 2) 确定邻井 AB 界线所在的顶面构造位置。

把一线井标准层底 AB 界线数据,折合成构造数据,分析井位构造位置与电测曲线读数的构造位置是否符合,从而判

断构造井位图断层线的可靠性。

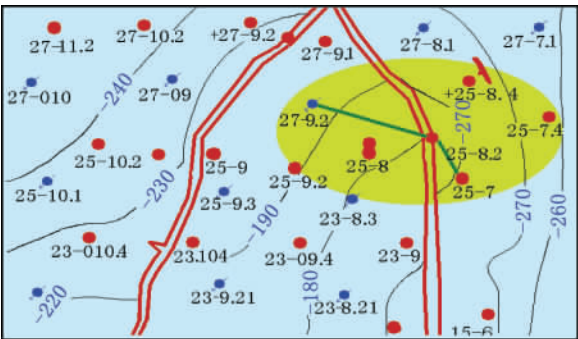


图 4 25-8.2 井区块油层顶面构造图
Fig. 4 Sketch map of top layer on the section of geological formation of oil layers for 25-8.2 faultage well

3) 对比分层。对比分层,判断断点、断距、断失层位,由于综合电测曲线是从接近标准层时开始测的,因此对比标准层以上的地层,应该用标准电测图对比,其方法同上。同时把各个小层地层深度数据折合成构造数据进行统层分析,小层连通与构造趋势应吻合。本井分析油层部位在下盘(图5)。

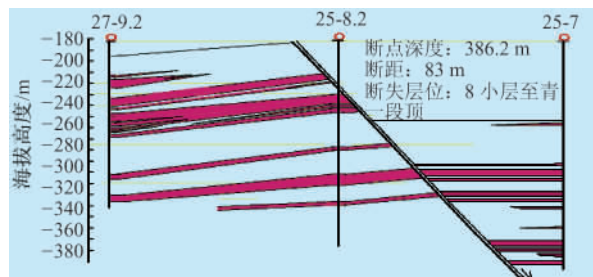


图5 25-8.2井与相邻井油层构造剖面示意图

Fig. 5 Sketch map on section of geological formation of oil layers for 25-8.2 faultage well and the neighborhood wells

4) 小层连通数据表制作方法同上。

5) 确定可信度。投产后动态反映,与下盘水井对应明显,说明小层对比结果是可靠的;2004年三维地震构造图显示,25-8.2井确实打在扶余油层顶部构造的断层上,原构造图断层线形态和位置均有误,本井钻遇的断层,纠正后的新图比原图断层线向东平移100m。

3 结论

1) 在复杂构造多断层油藏小层的对比分析中,一般在构造线异常部位容易发现新断层。由于断层附近剩余油富集,在设计新井井位时,为了避免新井钻遇断层,需要对断层线附近的井点作反复分析,准确界定断层位置。

2) 油层对比时,把标准层深度和预划分的小层界线深度折合成构造深度,进行区块统层分析,可提高油层对比分析的准确度。

3) 断层附近的井或钻遇断层井投产后,有必要进行动态资料跟踪,既可以提高复杂构造小层的对比分析的准确性,

也可以及时纠正原始标记等笔误或错误,避免技术事故。

参考文献 (References)

- [1] 陈亮,牛艳平,熊琦华.三次采油前油藏精细描述的关键技术[J].石油与天然气地质,1998,19(2):142-145.
Chen Liang, Niu Yanping, Xiong Qihua. *Oil and Gas Geology*, 1998, 19(2): 142-145.
- [2] 赵宗举.油气系统成因分类及其勘探思路[J].石油与天然气地质,2006,27(1):1-10.
Zhao Zongju. *Oil and Gas Geology*, 2006, 27(1): 1-10.
- [3] 牟荣.复杂小断块圈闭识别描述方法——以苏北盆地为例[J].石油与天然气地质,2006,27(2):269-274.
Mu Rong. *Oil and Gas Geology*, 2006, 27(2): 269-274.
- [4] 肖玉茹,何峰煜.高分辨率层序地层学在储层预测中的应用[J].石油实验地质,2003,25(2):169-173.
Xiao Yuru, He Fengyu. *Petroleum Geology and Experiment*, 2003, 25(2): 169-173.
- [5] 李凤杰,王多云,徐旭辉.鄂尔多斯盆地陇东地区三叠系延长组储层特征及影响因素分析[J].石油实验地质,2005,27(4):365-370.
Li Fengjie, Wang Duoyun, Xu Xuhui. *Petroleum Geology and Experiment*, 2005, 27(4): 365-370.
- [6] 刘漪厚.扶余裂缝型低渗透砂岩油藏[M].北京:石油工业出版社,1997:1-5.
Liu Yihou. *Fractured sandstone reservoirs on low permeability in Fuyu* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997: 1-5.
- [7] 曲艳玲,杨昱杰.小层剩余油定量分析方法[J].大庆石油地质与开发,2005,24(2):37-40.
Qu Yanling, Yang Yujie. *Petroleum Geology and Oilfield Development in Daqing*, 2005, 24(2): 37-40.
- [8] 于友,刘沛玲,杨昱杰.小层水驱规律的研究[J].吉林石油科技,2003,23(1):43-48.
Yu You, Liu Peiling, Yang Yujie. *Jilin Petroleum Technology*, 2003, 23(1): 43-48.
- [9] 杨昱杰,曲艳玲,刘蕊.水驱砂岩油田小层注采关系分析方法和应用效果[J].科技导报,2008,26(7):30-33.
Yang Yujie, Qu Yanling, Liu Rui. *Science & Technology Review*, 2008, 26(7): 30-33.
- [10] 赵红兵.油藏不同开发阶段储集层测井曲线变化特征——以胜坨油田胜二区沙二1-2小层为例[J].石油与天然气地质,2007,28(1):77-82.
Zhao Hongbing. *Oil and Gas Geology*, 2007, 28(1): 77-82.

(责任编辑 岳臣)

·学术动态·



“2010年全国高分子材料科学与工程研讨会”征文

由中国化学会、中国机械工程学会和中国材料研究学会联合主办,南昌大学化学系和清华大学化工系共同承办的“2010年全国高分子材料科学与工程研讨会”将于2010年10月在南昌大学前湖校区召开。

大会组委会将竭诚为每位与会代表提供报告个人成果的机会。会议现面向全国各地和海外的高分子学者征文。

联系方式:江西省南昌市红谷滩新区学府大道999号南昌大学高分子研究所(330031) 周魏华,肖书琴;电话:0791-3969562,15970613632;传真:0791-3969513,3969561。