

吐哈盆地草南 1井中侏罗统物源方向 综合判识及其研究意义

张晓宝 何海清 陈国俊

(中国科学院兰州地质研究所, 兰州 730000)

提 要 利用物源方向综合判识方法,通过吐哈盆地草南 1井中侏罗统与物源区岩性特征以及草南 1井与邻井地层厚度、岩石学特征和沉积相时空分布等方面的对比研究,认为其物源应来自于盆地南部的觉罗塔格山。这一研究成果对于完善沉积盆地物源方向判识方法,指导油气勘探部署均具有十分重要的意义。

关键词 物源方向 中侏罗统 草南 1井 吐哈盆地

分类号 P 512. 2

第一作者简介 张晓宝 男 38岁 博士生 副研究员

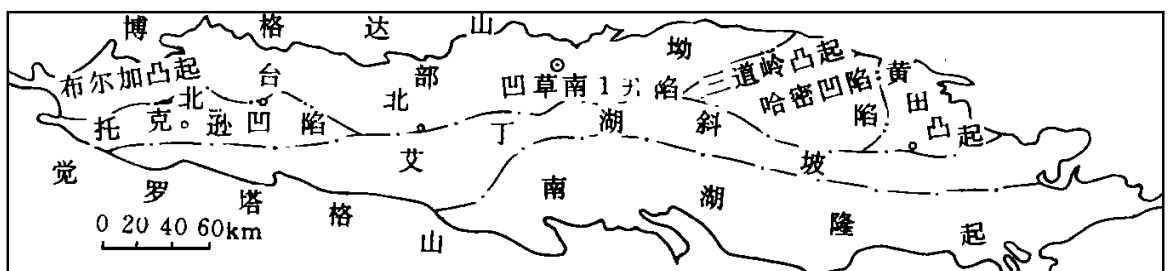
1 分地地质概况

吐哈盆地是新疆三大含油气盆地之一,盆地面积约 50 000 km²,沉积最大厚度 8 6000 m,平均 5 000 m,是我国目前已知的唯一由侏罗系煤成烃形成大规模油气聚积的盆地。盆地基底具有双层结构的特点,即下部的寒武系结晶基底和底部泥盆—石炭系褶皱基底;盖层为二叠至第四系,盆地四周为不同期次的褶皱山系所封闭。在中石炭世,哈萨克斯坦与塔里木两板块碰撞之后,觉罗塔格造山带迅速上升,吐—哈盆地表现出前陆盆地的特征。中侏罗世以后,随着博格达褶皱带全面崛起成山,盆地转化为拗陷盆地。盆地的一级构造单元与周缘山系相平行,

总体呈现南隆北凹的基本格局,即南湖隆起和北部拗陷,二者之间呈斜坡过渡。北部拗陷因构造和沉积演化的差异,自西向东可细分为托克逊—台北和哈密三个凹陷(吴涛等^①,袁明生等,1995^[1])(图 1)。

2 草南 1井概述

草南 1井位于台北凹陷东部小草湖构造带草南构造高点位置上(图 1)。草南 1井钻探深度 3 581. 29 m,完钻层位为侏罗系中统西山窑组,钻遇的地层自上而下依次为:新生界第四系西域组(Q₄),上第三系上统葡萄沟组(N₂p),中新统桃树园组(N₁t),下第三系渐—始新统鄯善群(Esh),中生界白垩系下统火焰山群(K₁h),侏罗系上统齐古组



1. 一级构造单元分界 2. 二级构造单元分界 3. 基岩裸露区 4. 钻井位置
图 1 吐哈盆地侏罗系构造单元划分与草南 1井位置图

Fig. 1 Division of tectonic units of the Jurassic and the location of the Caonan 1 Well in the Tuha basin

① 吴涛,袁明生,王武和.吐鲁番盆地构造演化与油气.石油地质,1994,9(2): 165- 174

(J_q),中统七克台组(J_q)、三间房组(J_s)和西山窑组(J_x)(未穿)。

草南 1井中侏罗统七克台组(J_q)、三间房组(J_s)和西山窑组(J_x)岩性特征如下:

(1)七克台组(J_q):井段 2 210.5~ 2 521.5 m,视厚度 311.0 m与下伏三间房组整合接触。中上部(2 210.5~ 2 469.0 m)以绿色、灰色泥岩为主,夹灰、浅灰色泥质粉砂岩、细砂岩;下部(2 469.0~ 2 521.5 m)为深灰色泥岩与灰、浅灰色泥质粉砂岩、细砂岩呈略等厚—不等厚互层夹煤层。

(2)三间房组(J_s):井段 2 521.5~ 2 661.5 m,视厚度 140.0 m,与下伏西山窑组为整合接触,深灰、灰色泥岩、粉砂质泥岩与灰、浅灰色细砂岩、中砂岩呈略等厚互层,夹 2层煤层。

(3)西山窑组(J_x):井段 2 661.5~ 3 581.29 m,视厚度 919.29 m(未穿)。中上部(2 661.5~ 3 124.0 m)为灰、深灰色泥岩粉砂质泥岩夹灰、深灰色质粉砂岩、细砂岩,上部见数层煤。下部(3 124.0~ 3 581.29 m)为灰、深灰色泥质粉砂岩与灰、浅灰、深灰色粉砂岩、细砂岩、中砂岩呈略等厚—不等厚互层,间夹 4层煤。

3 物源方向综合判识的地质基础

盆地中地层的岩性特征与物源区岩性特征的对比研究,可以用来塑造物源。据吐哈盆地构造演化研究(吴涛,1994),中侏罗世盆地南缘觉罗塔格山和盆地北缘的博格达山均有可能成为中侏罗统的物源。因此,在此简要叙述两个可能物源区的地层与岩性特征。

现今的觉罗塔格山大面积出露的地层主要为上

元古界青白口系的帕尔岗群、泥盆系的大南湖群(D_{1d})、石炭系下统的雅满苏组(C_{1y})、中统的梧桐窝子组(C_{2w})和底坎儿组(C_{2dg})以及海西中期的侵入岩—黑云母花岗岩和肉红色钾质药岗岩(⁴),其中以花岗岩分布较广,约占出露面积的一半左右。其岩性除了花岗岩以外,主要有中酸性火山岩,火山碎屑岩、变质岩及少量的基性火山岩。

现今的博格达山大面积出露的地层主要为中石炭统的祁家沟组(C_{2q}),上石炭统的石人沟组(C_{3s})和下三叠统的阿其克布拉克群(P_{1q}),其中以 C_{2q}、C_{3s}地层分布最广,其主要岩性为中基性火山岩,次火山岩和火山碎屑岩以及少量的酸性火山岩和沉积岩。

显而易见,博格达山和觉罗塔格山地层的岩性具有明显的差异,而这种差异性正是吐—哈盆地中侏罗统物源方向综合判识的地质基础。

4 物源方向综合判识

4.1 草南 1井中侏罗统岩性特征

4.1.1 泥岩化学成分

泥岩化学成分是矿物成分的反映,而泥岩矿物成分与物源区母岩有一定的继承性。泥岩中的粘土矿物是母岩化学风化的产物,造岩矿物是物理风化的细碎屑部分。因此,泥岩化学成分是物源区母质岩性质的反映。本文利用 X衍射荧光光谱仪,分析了 14个样品中可以反映物源区母岩性质的 10个元素,根据元素的地球化学行为,将这 10个元素分为造岩元素、铁族元素和稀土元素三组,并将它们与基性岩和酸性岩元素克拉克值进行对比(表 1),从而得出以下认识:

表 1 草南 1井中侏罗统泥岩元素丰度与不同岩类元素克拉克值比较表($\times 10^{-6}$)

Table 1 Comparison of the element abundance of the Middle Jurassic mudstone in the Caonan 1 Well with the Clarke values of different kinds of rocks

岩类	元素丰度	K $\times 10^2$	Na $\times 10^2$	Ca $\times 10^2$	Mg $\times 10^2$	Fe $\times 10^2$	Ni	V	Sr	Ba	Ca	Rb
岩类	基性岩	83	194	672	450	856	160	200	440	300	30	45
	酸性岩	334	277	158	56	270	8	40	300	830	20	200
	粘土岩	228	66	253	134	330	95	130	450	800	30	200
七克台组(J _q)	196	193	70	165	195	20	118	184	815	22	94	
三间房组(J _s)	201	152	63	111	231	31	110	151	2950	22	100	
西山窑组(J _x)	204	176	113	121	258	29	143	151	5737	20	23	

(1)中侏罗统西山窑组 (J_x)、三间房组 (J_s)和七克台组 (J_q)中的造岩元素 K Ca Mg,铁族元素 Fe Ni V和稀土元素 Sr Ba Ga Rb的克拉克值比较接近,说明它们的物源应大致来源于同一个方向

(2)中侏罗统造岩元素 K丰度明显高于基性岩,接近于酸性岩;Ca Mg丰度明显低于基性岩,接近于酸性岩

(3)中侏罗统铁族元素 Fe Ni V丰度明显低于基性岩而接近于酸性岩。

(4)中侏罗统稀土元素 Sr Ga Ba丰度明显低于基性岩而接近于酸性岩,Ba Rb丰度明显高于基性岩而接近于酸性岩

中侏罗统泥岩化学成分反映了其物源区母岩应以酸性岩为主。

4.1.2 砂岩重矿物组合

砂岩中的重矿物在沉积和成岩作用过程中比较稳定,因此,重矿物的种类和含量可以直接指示物源区母岩的性质。本文分析了中侏罗统 6个砂岩样品的重矿物含量(表 2)。根据重矿物的种类和含量,可以划分出两个重矿物组合(表 2,图 2)。

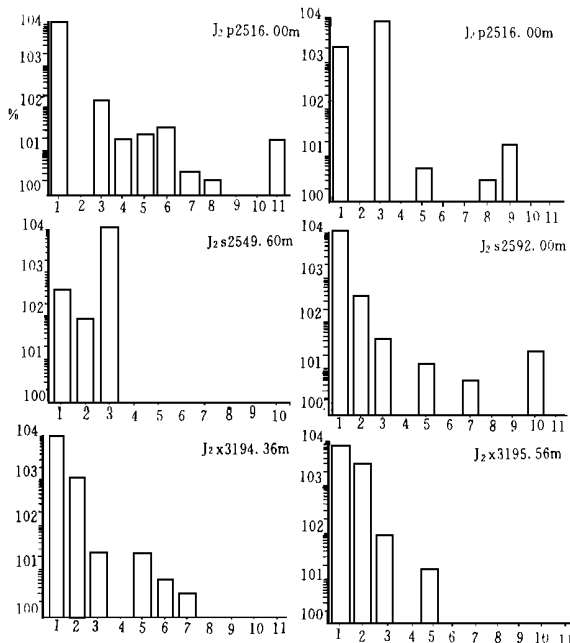
(1)富含锆石的重矿物组合:锆石含量大于 70%,其次尚可含少量的磷灰石、磁铁矿、独居石、铬铁矿、金红石、石榴石、绿帘石和蛇纹石。

(2)富含磁铁矿的重矿物组合:磁铁矿的含量大于 70%,此外还含少量的锆石、磷灰石、电气石、铬铁矿、石榴石、钛铁矿。

富含磁铁矿的重矿物组合主要赋存于西山窑组的两个样品以及三间房组和七克台组的两个样品中。富含磁铁矿的重矿物组合主要赋存于三间房组和七克台组的两个样品中(表 2)。

富含锆石的重矿物组合反映了酸性火山岩和花岗岩的重矿物组合。根据吐哈盆地的实际情况认为

富含磁铁矿的矿物组合,也反映盆南缘觉罗塔格山方向的物源,其原因是:①富含磁铁矿的矿物组合尚含 3%~20%的锆石;②这一组合中不含绿帘石。据综合研究结果(陈煦,1995),绿帘石含量低,或不含绿帘石的重矿物组合是南部物源的特征



1. 锆石 2. 磷灰石 3. 磁铁矿 4. 独居石
5. 电气石 6. 铬铁矿 7. 金红石
8. 石榴石 9. 钛铁矿 10. 绿帘石 11. 蛇纹石

图 2 草南 1井中侏罗统砂岩重矿物种类与含量直方图
Fig. 2 Histogram of kinds and contents of heavy minerals in the Middle Jurassic sandstone in the Caonan 1 Well

4.1.3 砂岩碎屑成分

草南 1井砂岩中碎屑成分以岩屑为主,平均含量 47%;其次为石英,平均含量 26%;再其次为长石,平均含量 16%(表 3),应属于石英长石岩屑砂

表 2 草南 1井中侏罗统砂岩重矿物的种类与含量 (%)

Table. 2 Kinds and contents of heavy minerals of the Middle Jurassic sandstone in the Caonan 1 Well

井深 m	种类 含量 %	锆石	磷灰石	磁铁矿	独居石	电气石	铬铁矿	金红石	石榴石	钛铁矿	绿帘石	蛇纹石
J _q	2516.00	91.29		1.33	0.17	0.20	0.33	0.03	0.02			0.17
	2516.20	21.27		74.44		0.05	0.01		0.03	0.16		
J _s	2549.60	3.97	0.79	95.22		0.01						
	2592.05	95.60	3.59	0.41		0.12		0.05			0.24	
J _x	3194.36	88.98	10.87	0.25		0.24	0.06	0.03				
	3195.96	73.05	25.97	0.61		0.16						

岩。由于砂岩的成分成熟度和结构成熟度都较低,说明碎屑搬运的距离不远,因此,砂岩碎屑成分可以直接反映母岩的性质。

4.1.3.1 石英和长石

据研究(陈煦^[2])根据石英的含量可将吐哈盆地的砂岩分为两类:一类石英含量小于20%,这类砂岩往往锆石含量也较低,与北部博格达山以中基性火山岩和火山碎屑岩为主的母岩区具有相当好的可比性;另一类石英含量大于20%,这类砂岩往往绿帘石含量较低,与南部觉罗塔格山以酸性火山岩、火山碎屑岩和花岗岩为主的母岩区有很好的可比性,草南1井中侏罗统砂岩(表3)应属于后一类。此外,草南1井砂岩中的长石以具格子双晶的微斜长石和钾长石为主,而具有聚片双晶的斜长石含量较低,这也是酸性火山岩和火山碎屑岩的特征

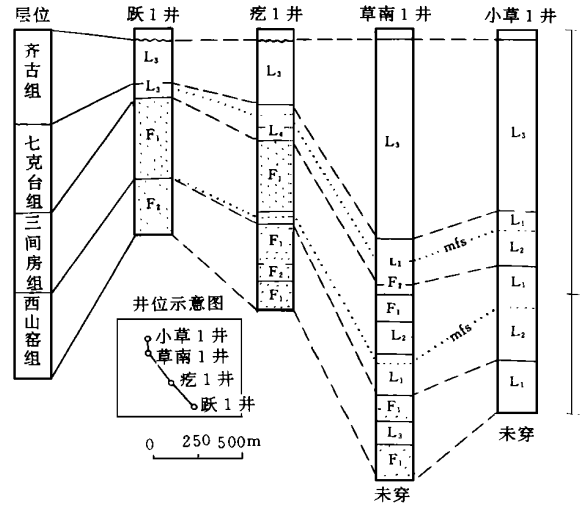
4.1.3.2 岩屑成分

草南1井中侏罗统砂岩岩屑成分以变质岩屑为主,占砂岩成分的26%;火山岩和沉积岩屑次之,分别占砂岩成分的1%~10%。由于变质岩屑和沉积岩屑在博格达山和觉罗塔格山均存在,不具有砂岩物源方向的指示意义,所以,在此主要讨论火山岩屑的成分。

据镜下观察,七克台组砂岩火山岩屑以具霏细结构的酸性喷出岩岩屑为主,三间房组以具霏细结构的酸性火山岩和具交织结构和斑状结构的安山岩屑为主;西山窑组也可见到中性火山岩屑。

草南1井中侏罗统泥岩化学成分、砂岩重矿物成分和岩屑成分均反映了其物源来自于南部的觉格

罗塔格山



三角洲: F₁. 分流河道-河道间湾 F₂. 分流河道-河道间湾沼泽 mfs. 最大湖泛面 L₁. 浅湖 L₂. 浅湖沼泽 L₃. 滨浅湖 L₄. 滨湖 I. 第一沉积序列 II. 第二沉积序列

图3 台北凹陷东部跃1井-小草1井

中上侏罗统沉积相对比图(据张晓宝, 1994^[4])

Fig. 3 Comparison of sedimentary facies of the Middle-Upper Jurassic from the Yue 1 Well to Xiaocao 1 Well in the eastern Taibai depression

4.2 草南1井与邻井中侏罗统的讨论

为了提高砂岩物源方向判识的置信度,本文选择了位于草南1井南部的小草1井和跃1井以及北部的小草1井(图3)进行地层厚度、岩石学特征和沉积相的对比研究

表3 草南1井侏罗系砂岩的岩石学特征

Table 3 Petrological features of the Jurassic sandstone in the Caonan 1 Well

层位	取芯回次	分选性	磨圆度	碎屑成分 (%)						填隙物 (%)					
				石英	长石	岩屑				方解石	硅质	泥质	赤铁矿	褐铁矿	总量
						沉积岩	火山岩	变质岩	总量						
J _q	3	差	次棱角至次圆状	10	40	10	2	23	35	5	3	1		1	10
	4	中等	次棱角状	39	14	7		21	28	2	2	1		7	12
J _s	5	中等	次圆状至次棱角状	32	11	6	16	32	54	2	2	1	3	5	13
	6	中等	次棱角状至次圆状	32	10	8	6	26	40	2		2	8		12
J _x	9	中等	次棱角状	33	14	10	6	40	56	2	1	4		7	14
平均		中等	次棱角状	26	16	10	11	26	47	4	1	2	2	4	13

① 张晓宝, 吉利民. 吐哈盆地台北凹陷东部中上侏罗统沉积相及时空分布, 石油地质, 1994, 10(2): 156-163

4.2.1 中侏罗统厚度变化

自南部的跃 1井至北部的小草 1井七克台组的厚度从 91.0 m增至 312.5 m;三间房组的厚度从 446.0 m增至 552.5 m;西山窑组从跃 1井至疙 1井厚度从 377.0 m增至 569.0 m,草南 1井和小草 1井未见底(图 3)。总体而言,中侏罗统厚度自南向北加厚,说明中侏罗世的沉降中心应在北部的小草 1井附近。上侏罗统齐古组地层厚度的变化也是上述结论的一个旁证

4.2.2 砂岩厚度、岩石学特征与储集物性变化

自南部跃 1井至北部的小草 1井七克台组砂岩的厚度由 16.48 m减至 9.2 m,三间房组砂岩的厚度自 39.9 m减至 11.1 m,西山窑组砂岩的厚度由 71.8 m减至 12.3 m;七克台组、三间房组和西山窑组砂岩的粒度逐渐变细。七克台组电测解释的孔隙度和渗透率分别由 28.5%和 $275.9 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (取中值)降低至 8.5%和 $0.4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;三间房组由 14%和 $17.7 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 降低至 7.7%和 $5. \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;西山窑组由 11.8%和 $5.4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 降低至 8.5%和 $5.0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

总体而言,自南部的跃 1井至北部的小草 1井砂岩的厚度减薄,粒度变细,物性变差,说明其物源来源于南部

4.2.3 泥岩厚度、岩石学特征与生油和封闭条件变化

自南部的跃 1井至北部的小草 1井,七克台组泥岩的厚度和泥岩占本组地层厚度的百分比分别由 72 m和 79.2%增加至 274 m和 87.9%;三间房组由 262.15 m和 58.78%增至 639.5 m和 64.6%;西山窑组由 95.9 m和 28.6%增至 336.0 m和 68.0%。

自南部的跃 1井至北部的小草 1井七克台组、三间房组和西山窑组泥岩的颜色逐渐变暗,含砂量逐渐减少;有机质含量增高。同时,由于粘土矿物,尤其是高岭石的含量增加和泥岩厚度增加,泥岩的封闭条件变好。

4.2.4 沉积相在剖面上的分布

草南 1井等四口井可划分出扇三角洲平原亚相;湖泊相可划分出浅湖亚相、滨浅湖亚相和滨湖亚相。扇三角洲平原亚相又可以划分出分流河道微相、河道间湾微相和河道间湾沼泽微相。浅湖亚相又可以细分为浅湖微相和浅湖沼泽微相

三间房组和西山窑组分流河道、河道间湾和河道间湾沼泽微相的厚度自跃 1井至草南 1井逐渐减薄,至小草 1井完全尖灭。七克台组和西山窑组的浅湖微相主要分布于疙 1井、草南 1井和小草 1井,且厚度有增大的趋势;七克台组和三间房组浅湖沼泽微相主要分布于草南 1井和小草 1井,且厚度有增大的趋势,滨浅湖主要分布于上侏罗统齐古组,且厚度有增大趋势,在跃 1井七克台组和草南 1井西山窑组也有零星分布,滨湖相主要分布于疙 1井七克台组底部

上述沉积相的剖面分布和厚度变化也是物源来自于南部的有力佐证

5 研究意义

草南 1井中侏罗统化学成分、重矿物组合、碎屑成分等岩石学特征研究和草南 1井与相邻探井中侏罗统厚度、岩石学特征及沉积相分布的对比结果表明草南 1井及其以南相邻探井的物源应来自于南部的觉罗塔格山。这一研究结果对于完善沉积盆地物源方向判识方法,指导油气勘探部署均具有十分重要的意义。

(1)物源方向是含油气盆地研究的基本问题之一。在油气勘探的初期,物源方向问题更是倍受关注。研究物源方向的方法不尽相同,最常用的是重矿物分析法、组分分析法和沉积相分析法等,然而,由于地质条件的复杂性,利用单一指标研究物源方向往往会产生多解性。本文的研究结果表明较之其它方法综合判识方法能够更准确地确定物源方向。

(2)根据物源方向,结合已知探井资料,可以追溯沉积体系的时空变化,进而预测生储盖层的分布,指出最有利的生储盖配置区,指导油气勘探。基于本文的分析结果,认为受南部物源方向的控制,从南部的跃 1井向北部的小草 1井浅湖沼泽微相生油岩厚度增加,有机质含量增加,类型变好;分流河道砂体厚度减薄,物性变差;浅湖、滨浅湖泥岩盖层厚度增大,封闭性变好。最有利的生储盖配置应位于疙 1井与草南 1井之间。

(3)据研究(陈熙,1995)台北凹陷南部沉积体系距物源相对较远,粒度适中,分选较好,柔性组分含量低,沉积速度适中,储集性能相对较好,目前已发现的油气田几乎都位于该沉积体系。草南 1井虽然储集物性不佳,但其南部应存在可以与南部沉积体系已知油气井相类似的储集砂体。疙 1井钻探成功

就是一个很好的例证

(4)草南 1井位于台北凹陷东部小草湖构造带草南构造高点上。草南 1井中侏罗统物源方向研究不仅对于草南构造的油气勘探具有一定意义,对于整个小草湖构造带乃至台北凹陷东部勘探目标的选择也具有重要的参考价值。台北凹陷东部小草 1井南部两侧侏罗系地层应属于南北两大沉积体系,其生储盖层的时空分布配置各异,储集砂体的物性也

不相同,油气勘探部署时应给予考虑。

参 考 文 献

- [1] 袁明生,王武和,曾晓明.吐哈盆地成油条件及勘探方向.吐哈盆地石油地质研究论文集(王昌桂,路锡良主编),北京:石油工业出版社,1995,6-15.
- [2] 陈熙.台北凹陷中侏罗统物源区母岩性质及物源分析.吐哈盆地石油地质研究论文集(王昌桂,路锡良主编),北京:石油工业出版社,1995,98-101.

A Comprehensive Judgement of the Source Direction of the Middle Jurassic of Chaonan 1 Well in the Tuha Basin and Its Research Significance

Zhang Xianbao He Haiqing and Chen Guojun

(Lanzhou Institute of Geology, Academia Sinica, Lanzhou 730000)

Abstract

The source direction of the Middle Jurassic of Chaonan 1 Well in Tuha Basin was comprehensively judged through a comparative research on its lithologic characteristics of source areas and of its stratum thickness, and special distribution of sedimentary facies of adjacent wells. The lithological difference of the north and south boundary mountains in Tuha Basin is clear, i. e., the southern Jueluotage Mt. is predominated by acidic igneous rocks while the northern Bogeda Mt. by intermediate to basic rocks. The Clarke values of petrogenic elements, K, Ca, Mg, ferric family elements, Fe, Ni, Fe, rare earth elements, Sr, Ga, Rb, Ba of the Middle Jurassic mudstones of the Chaonan 1 Well were close to those of acidic igneous rocks. The two heavy mineral associations, rich in zircon and magnetite, respectively, basically represented those of acidic igneous rocks. The content of quartz in sandstones was over 20%, the microcline and orthoclase were high while the anorthite low, and the volcanic debris were mainly intermediate acidic ones, which are closely related with acidic igneous rocks. It could initially be concluded from the above that the clasts of Chaonan 1 Well were derived from the southern Jueluotage Mt. From Yue 1 Well, southern to Chaonan 1 Well, to Xiaochao 1 Well, northern to Chaonan 1 Well, the thickness of sandstones became thin, the size smaller, and the physical properties worse. The thickness of mudstones got thicker, the color darker, the content of sands less, the content of organic matter higher and the type of organic matter better. Because the content of clay minerals, especially kaolinite, increased and the mudstone thickened, the seal conditions were better. The above research result is of great significance in perfecting the judgement method of source direction of sedimentary basins, predicting the distribution of the most favorable reservoir bodies and source-reservoir-caprock associations and guiding the exploration of oils and gases.

Key Words source direction Middle Jurassic Chaonan 1 Well Tuha Basin