

文章编号: 1001-6112(2006)04-0370-05

南华北盆地倪丘集凹陷油气显示特征及找油意义

全裕科^{1,2}, 柳广弟¹, 丁文龙³

(1. 中国石油大学, 北京 102249; 2. 中国海洋石油股份有限公司, 北京 100010; 3. 中国地质大学, 北京 100083)

摘要:南华北盆地倪丘集凹陷共施工了 16 口油气探井, 有 7 口探井见油气显示, 其中位于大王庄构造上的南 12 井试获工业油流, 累计产油 32.26 m³。对凹陷内油气显示进行统计和分析, 得出如下规律: 油显示主要集中在下第三系双浮组; 储集岩类型主要为中砂岩和细砂岩; 油和气显示的深度分别集中在 1 000~2 000 m 和 3 000~4 000 m; 原油具有典型的煤成油特征; 遭受过生物降解和水洗作用等次生变化。研究结果还表明, 该凹陷存在至少一次煤成油气的生成、运移和聚集过程, 并初步指出了在该凹陷的找油方向, 即除了寻找原生煤成油藏外, 还要注意寻找次生油藏; 上白垩统残留地层是凹陷内古生界源岩产生的油气向新生界圈闭运移聚集的遮隔层, 为成藏的不利因素。

关键词:油气显示; 分布特征; 找油意义; 倪丘集凹陷; 南华北盆地

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

倪丘集凹陷是一个基底为前中生界的早第三纪断陷型凹陷, 位于南华北中区周口坳陷东部, 面积约 3 450 km²。凹陷北、东、南部分别为郸城凸起、徐淮隆起和太和凸起, 西部为沈丘凹陷(图 1)。该凹陷的石油地质勘探工作始于 1955 年, 到 20 世纪 80 年代末至 90 年代初已断续进行了物探、钻探和地质研究工作, 但勘探程度仍然较低。1975 年在凹陷西南部光武构造阜深 1 井和阜深 2 井的下第三系砂岩中首次发现了荧光显示。1984 年在凹陷北部郭小庙构造南 6 井石炭二叠系煤系地层中发现了油迹、荧光显示和气显示。以后又相继发现了南 11 井含油砂岩和南 12 井工业油流等高级别的油气显示, 后者经试油累计产油 32.26 m³。

本文对凹陷内油气显示情况进行了统计和分析, 并结合油源对比结果^[1,2], 进一步探讨了其找油气的意义。

1 油气显示的分布特征

1.1 油气显示的区域分布及与构造的关系

倪丘集凹陷共施工了 16 口油气探井, 有 7 口井见到不同程度的油气显示(图 1), 占总井数的 43.75%。凹陷内各种类型和级别的油气显示累计层数 102 层, 累计厚度 314.5 m(表 1)。

油气显示全部集中在南部的光武—双浮和北部的秋渠集—大王庄 2 个构造高带上。其中, 南部以光武构造、北部以大王庄构造的油气显示最为频繁, 级别最高(表 1)。

光武构造上已施工 4 口探井, 其中见到油气显

示的探井有 3 口, 占总井数的 75%。各种类型和级别的油气显示累计层数 70 层, 累计厚度 205.7 m(表 1), 分别占全凹陷的 68.65% 和 65.4%。该构造以南 11 井油气显示级别最高(油斑), 该井各级别油气显示累计厚度最大, 达到 101 m。

大王庄构造共施工 4 口探井, 见到油气显示的探井有 3 口, 占总井数的 75%。其中南 12 井为整个倪丘集凹陷显示级别最高的井(油砂级), 并试出了工业油流。

1.2 油气显示与层位和岩性的关系

不同层位的岩性组合、岩石比例、时空关系以及由此而引起的生、运、储、盖等的配置关系均不相同, 岩性的不同还将导致储集物性的差异。所以,

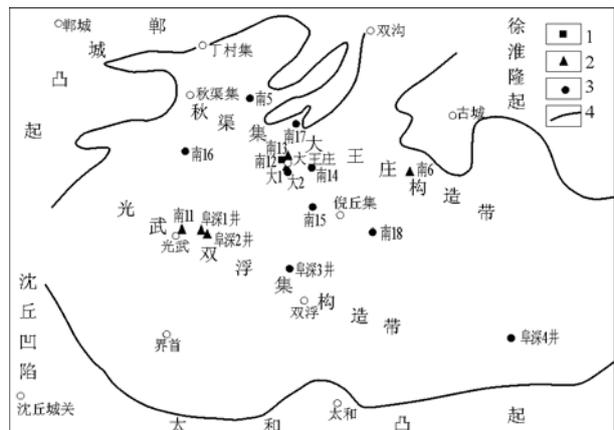


图 1 南华北盆地倪丘集凹陷油气显示分布
1. 油流井; 2. 油气显示井; 3. 钻井; 4. 倪丘集凹陷边界

Fig. 1 The distribution of oil and gas shows in the Niqiuji Sag, the Southern North China Basin

收稿日期: 2005-12-30; 修订日期: 2006-07-06。

作者简介: 全裕科(1962—), 男(汉族), 湖南衡阳人, 教授级高级工程师, 目前从事油气田开发技术管理工作。

表1 南华北盆地倪丘集凹陷油气显示与构造的关系

Table 1 The relationship between the oil and gas shows and structures in the Niquiji Sag, the Southern North China Basin

构造带	构造	井号	显示井段/m	荧光		油迹		油斑		油浸		油砂		气显示	
				厚度/m	层数	厚度/m	层数	厚度/m	层数	厚度/m	层数	厚度/m	层数	厚度/m	层数
光武— 双浮集 构造带	光武 构造	阜深1	2 808~3 142	72.7	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		阜深2	2 599~2 743	32.0	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		南11	2 908~4 286	—	—	32.2	9	0.8	1	—	—	—	—	68.0	14
秋渠 集— 大王 庄构 造带	大王庄 构造	南12	1 610~1 687	—	—	—	—	—	27.2	7	16.8	2	—	—	—
		南13	1 285~1 331	—	—	—	—	6.9	4	—	—	—	—	—	—
	郭小庙 构造	大1	1 213~1 649	26.0	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		南6	1 401~2 828	26.0	5	14.5	2	—	—	—	—	—	—	18.4	6

表2 南华北盆地倪丘集凹陷油气显示与层位的关系

Table 2 The relationship between the hydrocarbon shows and strata in the Niquiji Sag, the Southern North China Basin

层位	荧光		油迹		油斑		油浸		油砂		气显示	
	厚度/m	层数	厚度/m	层数	厚度/m	层数	厚度/m	层数	厚度/m	层数	厚度/m	层数
下第三系(E _j)	19.5	5	—	—	6.9	4	—	—	—	—	—	—
下第三系(E _{sh})	111.2	47	22.3	6	0.8	1	27.2	7	16.8	2	—	—
石炭—二叠系	26.0	5	24.4	5	—	—	—	—	—	—	60.3	17
下古生界	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	26.1	3

在一个含油盆地或凹陷中,油气显示的强度和频度应与层位和岩性有着非常密切的关系。这恰好是在一个盆地或区块内确定主要勘探目的层的重要理论基础之一。

在倪丘集凹陷,油显示主要集中在下第三系,尤其是双浮组(E_{sh})中,而气显示则主要集中在石炭—二叠系(表2)。下第三系中油显示20层,累计厚度74 m,占整个凹陷油显示厚度的75%强,未见气显示。相反,石炭—二叠系中则以气显示为主,共17层,累计厚度60.3 m,约占整个凹陷内气显示厚度的70%,仅有少量级别较低的油显示(如油迹等)。下古生界碳酸盐岩中油气显示在本凹陷内不太活跃,只有3层气显示,累计厚度26.1 m,未见油及荧光显示。

下第三系油显示较好,其主要原因有:1)砂岩累积厚度大,一般占地层总厚度的40%左右(最高达61.3%),砂岩结构松散,原生孔隙发育,孔喉连通性好,排驱压力低,渗透性好,有利于油气的聚集;2)根据油源对比结果^[1],本区以石炭—二叠系煤系地层中暗色泥岩和煤岩为主要源岩,其下伏地层为下古生界碳酸盐岩,孔隙度小,加上具有区域分布意义的古风化面上Si—Al质粘土层对其上覆石炭—二叠系源岩所生油气向下运移产生“屏障”作用,因此石炭—二叠系生油岩生成烃类的运移主要方向是向上覆的下第三系,特别是其下部的双浮组,应是油气二次运移的必由之路,也是捕集油气

十分有利的层位,其油显示频度因此也是最高的。

石炭—二叠系则以气显示为主,油显示的最高级别仅为油迹。其主要原因有:1)石炭—二叠系煤系地层在成岩早期有可能形成“自生自储”的油藏,但由于后期的抬升和褶皱构造运动在本区表现较为强烈,有可能将这类油藏破坏,故在该层位中油显示不多,而且级别也不高;2)虽然本区石炭—二叠系煤系地层中源岩经历过2次成熟生烃过程,而且砂岩也比较发育(约占地层总厚度的23%~51.7%),但砂岩成岩较好,且以基底型胶结为主,原生孔隙基本消失^[3],次生孔隙又极不发育,孔隙度低(3%~7%),孔喉窄小,连通性差,渗透性低(小于 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$),不利于油的聚集;3)石炭—二叠系煤系地层之所以以气显示为主,一方面是因为煤系地层本身就是较好的气源岩,在各个热演化阶段均有气态烃产生^[4],而且气态烃对储层的储集性能要求较低,因此,在石炭—二叠系煤系地层中捕集气态烃是有可能的,属于“自生自储”类型;另一方面,有一部分气显示是直接由煤层中出现的,应是煤层吸附气由于钻井的揭露而释放出来的缘故。

下古生界油气显示相对较少,且以气显示为主。除了前述的物性和油气运移条件的不利因素外,可能是由于本区下古生界埋藏较深,钻井揭露相对较少的缘故。

在倪丘集凹陷内,油、气显示与岩性的关系也很明显(表3)。以细砂岩、中砂岩中显示最频繁,

表 3 南华北盆地倪丘集凹陷油气显示与岩性的关系

Table 3 The relationship between the hydrocarbon shows and lithology in the Niquiji Sag, the Southern North China Basin

岩性	荧光		油迹		油斑		油浸		油砂		气显示	
	厚度/m	层数	厚度/m	层数	厚度/m	层数	厚度/m	层数	厚度/m	层数	厚度/m	层数
煤、泥岩	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17.3	5
粉砂岩、细—粉砂岩	8.5	1	6.9	1	—	—	16.0	4	—	—	10.5	5
细、中砂岩	142.7	55	39.8	10	6.1	4	11.2	3	16.8	2	32.5	7
不等粒砂岩	5.5	1	—	—	1.6	1	—	—	—	—	—	—
碳酸盐岩	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	26.1	3

表 4 南华北盆地倪丘集凹陷油气显示与深度的关系

Table 1 The relationship between the hydrocarbon shows and depths in the Niquiji Sag, the Southern North China Basin

深度/m	荧光		油迹		油斑		油浸		油砂		气显示	
	厚度/m	层数										
1 000~2 000	52.0	11	14.5	2	6.9	4	27.2	7	16.8	2	15.8	5
2 001~3 000	41.0	19	23.3	7	0.8	1	—	—	—	—	4.6	2
3 001~4 000	63.7	27	8.9	2	—	—	—	—	—	—	34.0	10
>4 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	32.0	3

共 81 层, 累计厚度 249.1 m, 占整个凹陷内油气显示总厚度的 72.94%, 而且油砂级(最高级)显示全部分布在细砂岩、中砂岩中; 其次为粉砂岩及细—粉砂岩, 共 11 层, 累计厚度 41.9 m; 而煤层和碳酸盐岩中则只有少量的气显示, 未见油显示。油气显示与岩性的这种关系正好反映了不同类型储层的物性和盖层等储集、保存条件的差异。

2.3 油气显示的深度分布规律

倪丘集凹陷油气显示深度最浅为 1 212.5 m, 最深为 4 281.5 m。随着深度的增加, 油气显示减少, 特别是高级别的油气显示更是随着深度而锐减(表 4)。油显示主要集中在 1 000~3 000 m 范围(占油显示总厚度的 90%), 其中又以 1 000~2 000 m 范围最为频繁, 约占油显示总厚度的 2/3, 特别是油砂、油浸和油斑级显示全部或几乎全部集中在 1 000~2 000 m 的范围。气显示则恰恰相反, 主要集中在大于 3 000 m 深度, 约占气显示总厚度的 76%。

本凹陷油气显示的深度分布规律与其油气保存条件有关。在封盖条件方面, 本凹陷浅部主要为上第三系和第四系成岩不好或未成岩的松散沉积物, 封盖条件自然不好, 因而很难有油气聚集; 本区埋深大于 4 000 m 的地层, 多为下古生界地层, 且岩性以灰岩为主, 也不利于本凹陷以上古生界石炭—二叠系煤系地层为源岩的油气的聚集和保存。因此, 本区浅部和深部(大于 4 000 m)均不利于油气的聚集和保存。倪丘集凹陷油气显示集中于 1 000~4 000 m, 而且油显示集中于相对浅部, 气显示集中于相对深部, 是一种正常的客观规律。

2.4 油气显示的地球化学特征

本文仅以南 12 井原油为例, 探索倪丘集凹陷液态烃的地球化学特征。

2.4.1 原油特点

原油中微量元素钒(V)含量仅为 0.025 μg/g, V/Ni 比值也很低, 为 0.029, 远远小于 1, 具有陆相原油特征^[5,6]; 饱和烃气相色谱图(图 2)中高碳数

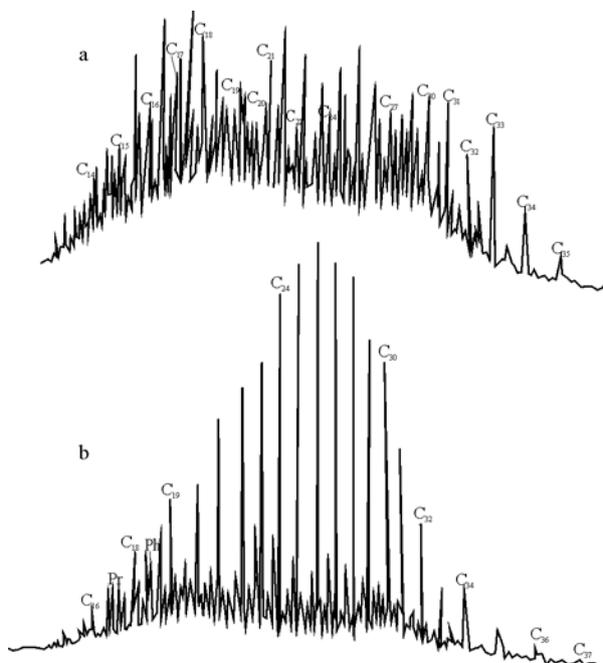


图 2 南华北盆地倪丘集凹陷南 12 井不同深度原油样品饱和烃气相色谱图

a. 深度 1 609 m; b. 深度 1 654 m

Fig. 2 Chromatograms of oil samples in different depths in Well Nan 12 in the Niquiji Sag, the Southern North China Basin

正构烷烃分布完整(最高碳数达36~37),萘类和甾类化合物特征均表明,生油母质主要为陆源高等植物; $\delta^{13}\text{C}$ 值为 -26.42% ,比陆相原油略轻^[7],与中国煤成油(26个样品平均值为 -26.34% ^[8])非常接近。这些特征均说明倪丘集凹陷的原油为煤成油^[2]。

2.4.2 油气源岩

全裕科^[1]通过地质类比和数理统计方法对南12井原油进行了油源对比,证明源岩为石炭—二叠系煤系地层的煤岩和暗色泥岩。

2.4.3 次生变化

从南12井原油饱和烃气相色谱图(图2)中可以看出,异构烷烃化合物不仅含量高,而且种类繁多,而正构烷烃含量则较低,尤其是低碳数正构烷烃含量更低。南12井两个罐顶油砂气 $\text{C}_1\text{—C}_7$ 轻烃分析结果,异构/正构一般大于2,最大达19.18,说明在轻烃中,异构烷烃含量大大高于正构烷烃的含量。这些现象均表明南12井原油遭受过生物降解作用。但图2a中高碳数饱和烃保存仍较为完好,在GC-MS的 $m/z177$ 图上,尚未见25—降藿烷系列,由此可以判断其生物降解作用较轻微^[9,10],且随着深度的增加而减弱。

南12井油砂罐顶气轻烃分析结果表明苯含量为零。此外,油层水中不含环烷酸,原油中含硫也低,说明地下水曾选择性地溶解了溶解度较高的苯系物、环烷酸和其它含杂原子化合物,并在地下水循环过程中被带出油层,亦即水洗作用具有一定的强度^[4]。

3 油气显示的找油意义

一般地说,油气显示与油气藏现今赋存状态虽然没有固定的关系,其地质意义也随着具体地质条件的不同而不同。但对于勘探程度相对较低的倪丘集凹陷来说,比较频繁的油气显示至少可以说明该地区有过油气生成、运移和聚集过程。这一点实际上是本凹陷开展油气勘探工作的基本前提和物质基础,也是下一步勘探工作的信心所在,具有重要的意义。下面将对油气显示的具体找油意义进行初步讨论。

油气显示主要集中在早期近东西向构造带与晚期的北北东向断裂带交叉部位的构造高带上,如凹陷南部的光武—双浮和北部秋渠集—大王庄2个构造高带,说明这类构造是凹陷内油气成藏的有力部位,进一步指出了寻找油气的有利构造。

油气显示(特别是油显示)以下第三系最多,级

别最高。而本凹陷下第三系本身又是一套没有生油能力的红层,这一点正好说明本凹陷具备有利于油气运移和聚集的地质条件。

通过原油地球化学特征分析研究和油源对比^[1,2],证明凹陷内的原油为煤成油。说明本凹陷是以石炭—二叠系煤系地层为源岩、以下第三系双浮组细砂岩和中砂岩为主要储集岩的“古生新储”油气成藏系统。因此,下一步找油的主要方向是煤成油,主要研究方向是以石炭—二叠系煤系地层为源岩的油气成藏系统。

南12井原油遭受生物降解、水洗等次生变化作用,说明有部分油藏可能遭受了不同程度的破坏,导致油气再次运移,或聚集形成次生油藏或逸散。但截至目前,本区尚未见地表油气显示,深度小于1200m的井段也未见任何油气显示。这一方面说明原生气藏破坏程度还是有限的,同时也预示着原生气藏遭破坏后,油、气等烃类物质并未运移至1000m以上的浅部或地表被逸散,而是有可能形成了次生油气藏。所以,次生油气藏也应是下一步的勘探目标。

在倪丘集凹陷内还零星分布有上白垩统残留地层(图3),为一套红色碎屑岩系,不具备生油能力。从图3可以看出,油气显示井均位于下第三系直接不整合于石炭—二叠系地层的区域,在有上白垩统残留地层分布地区的探井,均无油气显示。说明上白垩统残留地层是一个遮挡层,不利于石炭—二叠系煤系源岩生成的油气运移至储集物性相对较好的下第三系储集层中成藏。

据地震解释资料推断,在凹陷南部(光武—双浮构造带以南地区)可能有下白垩统地层存在,并向西与沈丘凹陷相连通,这对下伏石炭—二叠系煤系地层源岩生成油气的纵向向上运移也可能造成遮挡,因而对形成“古生新储”(即石炭—二叠系煤系地层生油,下第三系储油)的油气藏实际上也是不利的。由于在邻区沈丘凹陷钻井揭露的下白垩统地层为成熟的较好生油岩,而且有较好的油气显示,存在油气的生成和聚集过程。所以,在该凹陷的下一步勘探工作中,应对南部可能存在的下白垩统的生油能力和储集性能进行评价,为寻找中生界“自生自储”和“中生新储”的油气藏提供理论基础。

4 结论

1) 油气显示表明倪丘集凹陷有过油气生成、运移和聚集过程,具备有利于油气运移和聚集的地质条件,值得继续开展油气勘探和研究工作。

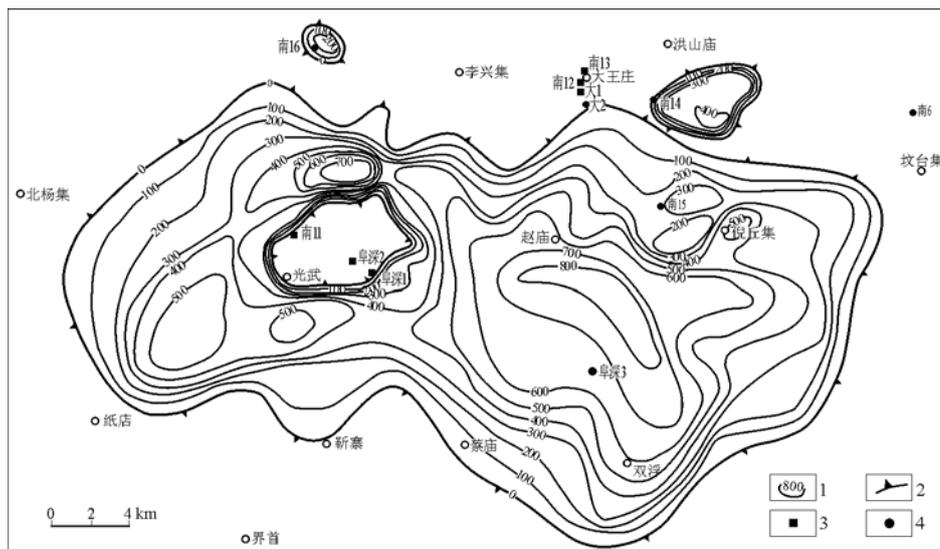


图 3 南华北盆地倪丘集凹陷上白垩统残留地层分布与油气显示关系

1. 残留厚度等值线; 2. 地层缺失线; 3. 油气显示井; 4. 钻井

Fig. 3 Schematic map showing the relationship between oil and gas shows and the distribution of residual Upper Cretaceous in the Niquiji Sag, the Southern North China Basin

2)本凹陷内油气显示特征明显,具有一定规律性,可以用来指导下一步油气勘探工作。

3)早期近东西向构造带与晚期北东向断裂带交叉部位的构造高带是寻找油气的有利构造。找油的主要目的层是下第三系双浮组细砂岩和中砂岩,找油的最佳深度应在 1 000~2 000 m,找气的最佳深度应为 3 000~4 000 m。

4)原生和次生煤成油藏应是今后的主要勘探目标,上白垩统残留地层是油气运移的遮挡层,是原生气藏勘探的不利因素,井位部署应该避开其分布地区。

参考文献:

1 全裕科. 倪丘集凹陷油源对比及找油方向初探[J]. 石油勘探与开发, 1993, 20(增刊): 38~42, 70
 2 全裕科. 倪丘集凹陷原油地球化学特征[J]. 河南石油, 1992, 6(1): 43~48

3 徐 辉. 华北地区石炭二叠系砂岩的储集性及受控地质因素分析[J]. 石油实验地质, 1988, 10(4): 344~358
 4 宁正伟. 华北地区石炭二叠系煤岩与煤层气储层物性分析[J]. 石油实验地质, 1997, 19(1): 76~81
 5 陆婉珍, 张寿增. 我国原油组成的特点[J]. 石油学报, 1980, 20(1): 92~105
 6 王启军, 陈建渝. 油气地球化学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1988. 1~327
 7 陈锦石, 陈文正. 碳同位素地质学概念[M]. 北京: 地质出版社, 1983. 1~157
 8 戴金星, 宋 岩. 煤成油的若干有机地球化学特征[J]. 石油勘探与开发, 1987, 14(5): 38~45
 9 张大江, 黄第藩, 李晋超. 克拉玛依原油的生物降解[J]. 石油勘探与开发, 1987, 14(4): 11~19
 10 张 渠, 梁 舒, 张志荣等. 原油模拟生物降解的饱和烃色谱分析[J]. 石油实验地质, 2005, 27(1): 81~84

CHARACTERISTICS AND SIGNIFICANCES OF HYDROCARBON SHOWS IN THE NIQUIJI SAG, THE SOUTHERN NORTH CHINA BASIN

Quan Yuke^{1,2}, Liu Guangdi¹, Ding Wenlong³

(1. China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 2. China National Offshore Oil Co., Beijing 100010, China; 3. China University of Geoscience, Beijing 100083, China)

Abstract: There are 16 exploration wells drilled in the Niquiji Sag, the Southern North China Basin and 7 (to be continued on page 379)