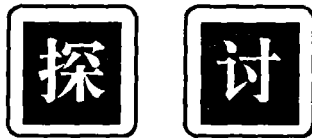


对发展我国天然气勘探战略的



康竹林 翟光明(中国工程院院士)

中国石油天然气总公司咨询中心勘探部

摘要 我国气源岩分布面积广,煤系地层多,可形成丰富的和多种类型的天然气及其气藏,已发现的气藏可划分为4大类12亚类。但是,目前我国天然气探明程度仅有百分之几,已发现的气田以探明储量小于100亿 m^3 的为主,且天然气在一次能源消费结构中仅占2%。发展我国天然气勘探的战略是:继续发展对四川、陕甘宁、塔里木、吐一哈、柴达木、琼东南—莺歌海、东海等7个已形成或初步形成的气区的勘探;积极开辟和探索准噶尔盆地腹部、西北侏罗系盆地、南方新区、华北古生界、渤海湾盆地深层、松辽盆地大庆长垣东侧深层等6个新区的勘探工作。

主题词 中国 天然气 气源岩 气藏类型 天然气储量 天然气勘探 勘探方针

我国天然气资源十分丰富,据全国第二轮油气资源评价结果,天然气总资源量为 $38.04 \times 10^{12} \text{m}^3$,列世界第10位。其中陆上总资源量 $29.9 \times 10^{12} \text{m}^3$,海上 $8.14 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。但目前我国天然气探明程度还很低。

本文着重从地质科学角度论述发展我国天然气勘探的战略,并探讨了一些新区的天然气勘探方向。

气源岩分布面积广 可形成丰富的和多种类型的天然气

我国陆上及海域沉积面积共约 $670 \times 10^4 \text{km}^2$,其中包括单个盆地面积超过 200km^2 ,沉积岩厚度逾1000m的中、新生代沉积盆地面积 $527.2 \times 10^4 \text{km}^2$ (陆上盆地面积 $378.2 \times 10^4 \text{km}^2$,海域盆地面积 $149 \times 10^4 \text{km}^2$);古生界未变质(地面出露)部分的分布面积为130多万平方公里*。

1. 我国气源岩的时空分布

我国存在着海相和陆相两大找油气领域。陆相烃源岩能生成大量油气是中国石油地质的特征之一。此外,中国还有着广泛的海相碳酸盐岩沉积,累计地层最大厚度近万米,地质时代主要集中于前中生代。这是中国又一个潜力很大的天然气勘探领域^[1]。

我国气源岩分布面积广,煤系地层多,而且分布时代长、层位多。主要分布于震旦纪、早古生代、晚古生代、中生代、新生代的沉积岩中。

2. 天然气类型众多

广泛分布的气源岩和不同的有机质母质类型,在不同热力环境下,可以形成多种类型的天然气。

(1)油型气,也称腐泥型天然气。又可分为:①油田气(伴生气)、气顶气。这种类型的天然气在我国广泛分布,在已发现的含油区内油田溶解气、气顶气等

8 Li Mingcheng. A new method for quantitative simulating hydrocarbon expulsion and its application. China Oil and Gas, 1994; (4)

李明诚,中国地质大学(北京)教授,1935年生;1956年毕业于原北京地质学院可燃矿产地质系;主要从事油气运移

方面的教学和研究,著有《石油与天然气运移》一书,发表有关论文30余篇,先后应邀赴美国及德国讲学,曾多次获地矿部科技进步奖,1992年获国家有突出贡献专家称号。地址:(100083)北京市学院路29号中国地质大学能源系。电话:(010)2022244—2914。

(修改回稿 1995—10—09 编辑 李登湘)

* 赵俭成等,“中国含油气盆地勘探成果说明书”,1991年。

都属于这种类型。②以单独气田存在的气。它是油源岩所形成的气,由于运移的关系而单独形成的气田,济阳拗陷东营凹陷永21井气藏就属此类。

(2)煤成气,也称腐殖型天然气。我国四川盆地川西地区某些气田,陕甘宁盆地中部气田,冀中凹陷苏桥气田,松辽盆地汪家屯气田,东濮凹陷文留气藏,南海琼东南盆地崖13—1气田,东海盆地平湖气田等的天然气都属于煤成气。

(3)高成熟—过成熟气。指在高成熟—过成熟阶段($R_o > 2\%$)已生成的液态烃和残余干酪根以及部分重烃经高温裂解作用而形成的天然气。天然气成分以甲烷为主。气藏多分布在超过4000m的深部地层中。我国高成熟—过成熟天然气资源丰富。

(4)凝析气。指在温度高于临界温度但不超过临界凝析温度的条件下,随着压力的升高,地下液态烃经逆蒸发形成的一种特殊气藏气^{*}。我国凝析气藏分布比较广泛,在辽河、黄骅、冀中、东濮、塔里木、四川、吐—哈、柴达木、辽东湾、东海、珠江口、琼东南、北部湾等盆地及台湾省都有分布。特别是塔里木盆地,将成为我国最大的凝析气田区。

(5)生物气,也称细菌气或生物化学气。这类天然气主要分布与聚集在时代较新、高速率沉积的地层中。例如分布于柴达木盆地东部的三湖地区第四系,以及松辽盆地、渤海湾盆地浅层和东南沿海的滨—浅海地区上第三系和第四系中。

以上各类均为有机成因气。此外还有无机气。所谓无机气,指的是形成碳氢化合物原始物质是无机物,包括宇宙气、幔源气、岩浆气等。

3. 气藏类型多

随着我国天然气勘探的不断发展,发现的气藏类型也越来越多,大致可分为构造气藏、岩性气藏、地层气藏、复合圈闭气藏等四大类十二个亚类(见表1)。由于对其中大部分气藏人们已较熟悉,在此就不赘述,仅就几个较特殊的气藏简单介绍如下。

(1)向斜气藏。指圈闭呈下凹向斜形态的气藏^[3]。这类气藏常在岩性变异、地层水动力等特殊地质条件下形成。在我国四川盆地况场、云锦向斜已发现这类气藏(见图1)。

(2)泥拱气藏。泥拱的形成和发育状况与沉积速率和泥岩量有关。泥岩快速沉积有利于大量排液,在断层不发育的拗陷型盆地中,流体运移困难,必然导致地层高压。高压地层中的流体和少量水化软泥穿透上覆地层,形成泥拱构造,天然气聚集其中,形成

表1 中国已发现气藏分类

Table 1. Classification of gas reservoirs discovered in China

气藏类型	亚类
构造气藏	背斜气藏 向斜气藏 断块气藏 泥拱气藏
岩性气藏	透镜体气藏 生物礁气藏 上倾尖灭型岩性气藏 次生孔隙型岩性气藏
地层气藏	地层不整合气藏 地层超覆不整合气藏
复合圈闭气藏	构造—岩性圈闭气藏 岩性—地层—构造圈闭气藏

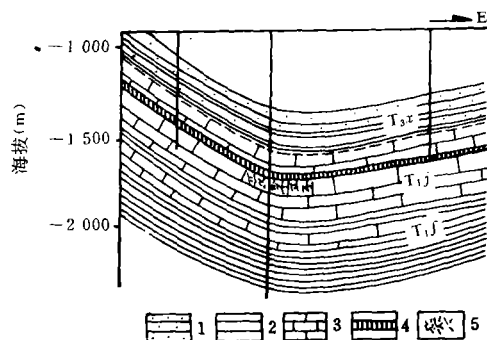


图1 四川盆地云锦向斜嘉一气藏剖面示意图

Fig. 1. Section of T_{1j}^1 gas pool in Yunjin syncline of Sichuan Basin.

1. 砂岩; 2. 页岩; 3. 石灰岩; 4. 石膏层; 5. 气藏和裂隙
(据戴金星院士)

泥拱气藏。如莺2井构造(图2)。

(3)生物礁气藏。气藏的储集层为生物礁,在碳酸盐岩地区,由于生成过程中的礁块周围为非渗透层封闭,其圈闭形态主要受礁体延伸状况控制。如四川盆地东部建南气田北高点二叠系长兴组二段就是生物礁气藏(见图3)。

从目前发现的气藏类型来看,很少有一个气田的圈闭纯属是由某一种构造形态或某一种地层—岩性因素所造就的。事实上,绝大多数气藏的形成都是与多种因素有关的,因此在进行天然气勘探时,应特别注意寻找复合圈闭气藏。

* 王廷栋等,“我国典型凝析气藏形成机理及分布特征”,西南石油学院勘探系天然气地质研究室。

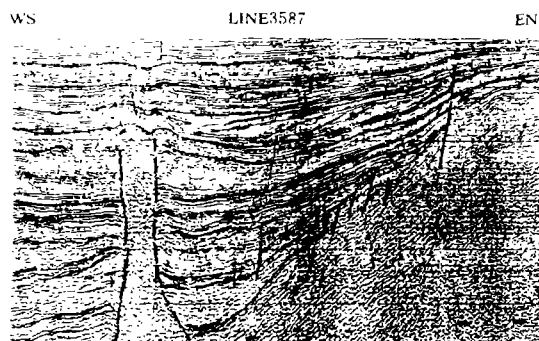


图2 莺歌海盆地中央泥拱带地震剖面

Fig. 2. Seismic section of central mudlump belt in Yinggehai Basin.

(据赖万忠)

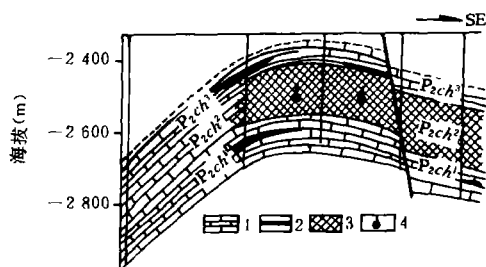


图3 四川盆地建南气田长二段生物礁气藏剖面

Fig. 3. Section of P_{2ch2} biohermal gas reservoir in Jiannan gasfield, Sichuan Basin.

1. 石灰岩; 2. 燧石条带; 3. 生物礁; 4. 气藏

(据戴金星院士)

我国天然气工业现状

目前我国天然气储量、产量都有较大增长,特别是“七五”“八五”期间增长更快,但同世界主要产气国相比,我国天然气工业发展水平还较低,天然气在一次能源消费结构中所占比例低于世界平均水平,主要表现在以下方面。

(1)我国天然气探明程度只有百分之几,而世界平均已达61%左右。这一方面说明了我国发展天然气还大有潜力,另一方面也说明我国天然气工业与世界水平间存在着差距。

(2)已发现的气田以探明储量小于 $100 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的为主,而探明储量大于 $700 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的大气田、特大气田少,探明储量大于 $1 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 的巨型气田还没有。按世界大气田分级标准,我国只有南海的崖13-1、东方1-1和陕甘宁盆地中部气田为大型气田。

发现大气田、特大气田、巨型气田是大幅度增加储量的主要因素。

(3)油气产量比例不协调。1993年美国油气产量比为1:1.3,俄罗斯1:1.8,世界平均1:0.72,而我国仅为1:0.11。

(4)我国天然气工业虽有较大发展,但探明储量、年产气量分别只列世界第17位和第20位。

(5)我国天然气在一次能源消费结构中只占2%,大大低于世界平均水平(21.3%)。

造成我国天然气工业发展滞后于世界水平的主要原因如下。

(1)对天然气勘探工作投入还不太够,1986~1993年平均用于天然气勘探的投资,仅占油气勘探总投资的12.6%,天然气探井的投资占油气探井总投资的15.5%。根据世界主要产气国的经验,天然气勘探投资占油气勘探总投资的20%左右,天然气探井的投资占油气探井总投资的25%左右是比较适宜的。

(2)天然气综合研究方面还跟不上。近年来,我国在对天然气地质综合研究方面虽有发展,但在围绕盆地内天然气成藏条件、分布规律及勘探有利区带评价方面还存在着一些薄弱环节。

(3)由于我们在过去很长一段时间内,勘探上以找油为主,未真正实现油气并举。

我国天然气勘探方向

我国有着广阔的天然气勘探领域。丰富的天然气资源是发展天然气勘探的基础,现有的储量、产量又是发展的有利条件。发展我国天然气勘探的战略是:继续发展对七个气区的勘探,积极开辟和探索新区的天然气勘探工作。

1. 继续发展对已形成或初步形成的七个气区的勘探

无论从七个气区的地质条件还是资源潜力方面来分析,继续勘探的前景都是非常广阔的。目前七个气区天然气总资源量情况见表2。

七个天然气区继续勘探的主要方向如下。

(1)四川盆地

主要分为4个地区:①川东地区:积极开展开江古隆起周围的天然气勘探工作。海西期梁平中央隆起周缘地层—岩性圈闭发育,可选择龙安镇和云龙场等复合圈闭进行钻探,预计会有新的发现。②乐山—龙女寺古隆起。③龙门山前逆掩断层带是具有重要勘探远景的地区。另外,大巴山逆掩断层带也是有利地区。④长宁构造是四川盆地除威远之外的第二

表2 中国七个天然气区资源潜力分析

Table 2. Analysis of resource potentialities of seven gas areas in China

地 区 \ 分 类	盆地面积 (10^4km^2)	天然气资源总量 (10^8m^3)	已发现气田数 (个)	剩余天然气资源量 (10^8m^3)
四 川	19	73 575.21	85	60 362.96
陕甘宁	25	41 797.40	3	39 582.12
塔里木	56	83 896.15	8	82 229.97
吐—哈	5.35	3 650.00	1	2 860.27
柴达木	12.1	2 937.59	6	2 420.81
琼东南—莺歌海	10.77	38 643.40	1	37 735.50
东 海	25	24 803.40	1	24 632.89

注:吐—哈盆地气田个数中未包括油气田,资源量包括了油气田的;四川、塔里木盆地气田个数包括地矿部门的在内。

个大构造,面积约 $1\,000\text{ km}^2$,应加强前期工作。

(2) 陕甘宁盆地

也分为4个方向:①继续扩大对中部气田北部的勘探;②抓紧准备对伊克昭盟地区的勘探;③进一步勘探中部气田上覆的上古生界目的层;④积极准备对盆地西南缘的勘探。

(3) 塔里木盆地

继续加强对以下地区的勘探工作:①塔北隆起地区;②塔中隆起北斜坡,石炭系非背斜圈闭;③塔东低凸起以西古城地区;④库车坳陷中新界侏罗系、白垩系、第三系;⑤塔西南地区。

(4) 吐—哈盆地

应注意:①在继续扩展侏罗系构造圈闭勘探的同时,应加强研究和勘探地层—岩性圈闭气藏,预计在胜北凹陷和胜南凹陷都会有所发现;②认真探索二叠系、三叠系的分布及成藏条件,争取有新的发现。

(5) 柴达木盆地

把握住两个方向:①继续加强东部地区的工作;②加强盆地西部茫崖坳陷天然气地质研究工作。

(6) 南海琼东南—莺歌海盆地

莺歌海盆地:泥拱构造、异常体、I号断裂带。琼东南盆地:崖13—1低凸起构造带、崖12—1低凸起构造带、II号断裂构造带、松涛隆起、砂岩异常带。

(7) 东海盆地

陆续已在浙东坳陷(其中的平湖凹陷)、台北坳陷、长江坳陷开展了钻探工作。已钻探了18个构造,在平湖凹陷发现了平湖气田,此外还发现了7个含油气构造,1个含气构造,6个见油气显示构造。东海盆地天然气资源丰富,目前勘探程度还比较低,值得进一步勘探。

2. 积极开辟和探索新区的天然气勘探工作

除继续加强对已形成或初步形成的七个天然气区的勘探外,我国还有不少新地区、新盆地、新领域需要开辟和探索。

(1) 准噶尔盆地腹部

该盆地腹部地区面积达 $42\,700\text{ km}^2$,天然气成藏条件较好:①二叠系及侏罗系发育,二叠系包括风城组和下乌尔禾组两套烃源岩,有机质丰度高。风城组有机质类型为腐泥型,下乌尔禾组有机质类型为腐殖型,该地区南部侏罗系为煤系地层,有机质类型以湖沼相腐殖型为主,有利于生气。②该区构造特点是凹陷相间,大型古隆起与生油气凹陷毗邻,为油气运移、聚集提供了良好的条件。③在古隆起上发育了十多个较大的局部构造,构造形成时间早,与油气形成时间匹配好。

(2) 西北侏罗系盆地

西北侏罗系盆地分布比较广泛,单个面积大于 $1\,000\text{ km}^2$ 的沉积盆地有65个,沉积岩分布面积达 $134 \times 10^4\text{ km}^2$ 。

西北侏罗系盆地的主要特点是煤和煤系地层发育,能够形成大量的基本由甲烷组成的烃类气体并聚集成藏,同时也可生成石油。本区钻探了16个含煤盆地,并已在其中9个内发现了大、中、小型油气田。吐—哈盆地和焉耆盆地又有油又有气。

对面积大于 $1\,000\text{ km}^2$ 的盆地,要进行认真的筛选,进一步提出找气的有利地区。

(3) 南方新区

该区天然气总资源量为 $3.46 \times 10^{12}\text{ m}^3$,其中古生界占2万多亿立方米。今后勘探方向为:①十万大山盆地;②楚雄盆地;③黔南坳陷;④江汉盆地沉湖和当阳复向斜;⑤苏南句容—常州地区。

(4) 华北古生界

主要勘探:①冀中坳陷北部武清凹陷;②沧县隆

东濮凹陷桥口构造 油气运移模式探讨

雷利安 中原石油勘探局勘探开发研究院

摘 要 根据油气分异聚集原理,一般来说,在同一构造内是气在构造高部位,油在构造低部位富集。而桥口构造则与之相反,呈“上油下气,顶油边气”的分布状态。为搞清该区油气分布规律,通过对泥岩欠压实作用、流体势分布特征、原油物性变化、原油与生油岩地化特征及油气与构造关系的研究,建立了油气运移模式,得出了如下主要认识:该区下第三系沙三段、沙四上段为主要生油层,东邻的葛岗集洼陷为主要生油气区;早期洼陷中生成的油气在泥岩欠压实作用产生的压差作用下,向构造高部位运移、聚集形成沙三段油气藏,后期由于断裂活动强烈,油气沿断层向上运移,形成沙一、沙二段主力次生油气藏;位于构造东翼的李屯断层形成较早,封堵性强,洼陷中的生油层随埋深增大,地温升高,后期以生气为主,生成的气在李屯断层的封堵下,在其东侧的深部形成断层—地层圈闭的沙三段气藏,从而使桥口地区的油气呈“上油下气、顶油边气”的分布规律。

主题词 东濮凹陷 桥口油田 第三纪 油气分布 油气运移

桥口构造位于东濮凹陷中央隆起带中部,东临葛岗集洼陷,西以黄河断层为界,南与新霍构造相连,北与文留构造南端鞍状相连(图1)。为黄河断层上升盘的一个被断层复杂化了的背斜构造,构造东西宽约8 km,南北长约15 km,构造面积约120

km²。其下第三纪沉积层序见图2。

桥口构造是一个继承性的复杂断层—背斜构造。油气田内的油气分布与正常情况相反,呈“上油下气、顶油边气”的分布状态。油气分布广而贫,以沙三²亚段为界,上部层位(Es₁、Es₂、Es₃¹、Es₃²)含油,

起及其外围;③冀南地区巨鹿凹陷;④沁水盆地。

(5)渤海湾盆地深层

渤海湾盆地深层天然气勘探有四个领域:①辽河西部凹陷双台子—鸳鸯沟—马圈子构造带;②黄骅坳陷大港断陷带下盘唐家河—六间房深层构造带;③济阳凹陷东营凹陷西部郝家地区盐下断裂背斜构造带;④冀中霸县凹陷岔河集—高家堡构造等深层。

(6)松辽盆地大庆长垣东侧深层,也是有前景的地区。

参 考 文 献

- 1 戴金星等.中国天然气地质学(卷一).北京:石油工业出版社,1992
- 2 胡见义等.烃类气成因类型及其富集区的分布模式.科学发展与研究,1994;(1)
- 3 戴金星等.天然气地质学概论.北京:石油工业出版社,1989
- 4 中国石油学会石油地质专业委员会.中国油气藏研究.北京:石油工业出版社,1990
- 5 胡见义等.中国陆相盆地油气藏类型及其成因特征.见:

- 中国油气藏研究.北京:石油工业出版社,1990
- 6 熊斌辉等.莺歌海盆地的泥拱构造.中国海上油气地质,1994;(4)
- 7 田在艺等.油气圈闭类型及其分布规律.见:中国油气藏研究.北京:石油工业出版社,1990
- 8 中国石油地质志编委会.中国石油地质志卷十(四川油气区).北京:石油工业出版社
- 9 中国石油地质志编委会.中国石油地质志卷十二(长庆油田).北京:石油工业出版社,1993
- 10 中国石油地质志编委会.中国石油地质志卷十四(青藏油气区).北京:石油工业出版社
- 11 中国石油地质志编委会.中国石油地质志卷十六(沿海大陆架及毗邻海域油气区).北京:石油工业出版社
- 12 毛希森.中国沿海大陆架盆地含油气特征.石油学报,1994;(3)

康竹林,高级工程师;1965年毕业于原北京石油学院石油地质专业;长期从事油气地质勘探工作,现任中国石油天然气总公司咨询中心勘探部处长。地址:(100724)北京市德外六铺炕。电话:(010)2095738。

审稿人 教授级高级工程师 包 茨
中国科学院院士 戴金星
收稿日期 1995—09—08 编辑 居维清

ABSTRACTS AND AUTHORS

Li Mingcheng (*China University of Geosciences*), Li Wei: **A STUDY OF NATURAL GAS DIFFUSION BY EQUILIBRIUM CONCENTRATION—A NEW METHOD FOR DIFFUSION QUANTITATIVE MODELLING**, NGI 16(1), 1996: 1~5

ABSTRACT: Using equilibrium concentration of natural gas diffusion and Fik's Second Law, the total gas quantity diffusing from source rock upwards, diffusion time, diffusion quantity, quantity rate from source rock to a certain bed and denuded strata thickness can be calculated. The result of modelling an area of 124 km² in West Sichuan sag, Sichuan Basin shows that $3\,673 \times 10^8 \text{ m}^3$ of gas has diffused through the source rock, gas diffusion through the regional cap rocks is $672 \times 10^8 \text{ m}^3$ among which $583 \times 10^8 \text{ m}^3$ of gas has dissipated to the surface, that $1\,910 \times 10^8 \text{ m}^3$ of gas is still remained under the regional cap rocks, and that the denuded strata thickness is about 870 m. This provides a new method for studying diffusion in carrier beds and evaluating the formation of gas pools in this region.

SUBJECT HEADINGS: Sichuan, West, Sag, Natural gas, Diffusion, Modelling.

Li Mingcheng, professor, graduated in the Anthracides Geology Department from Beijing Geology Institute in 1956; He is mainly engaged in teaching and investigating oil-gas migration, and is the author of *Oil and Natural Gas Migration*. He has published over 30 papers and has been invited to give lectures in USA and Germany. He received many prizes of science-technology progress from the Ministry of Geology and Mineral Resources and the title of the outstanding experts in 1992. Add: (100083) No. 29, Xuyuan Rd., Beijing. Tel: (010) 2022244—2914.

Kang Zhulin (*Consulting Center of China National Petroleum Corporation*), Zhai Guangming: **DISCUSSION ON THE EXPLORATION STRATEGY OF DEVELOPING CHINA'S NATURAL GAS**, NGI 16(1), 1996: 5~9

ABSTRACT: Abundant and various gas reservoirs have been formed in the large numbers of coal measure strata and gas source rocks widely distributed in China. However, the proportion of proved natural gas is below 10% and the proved reserves of the discovered gas fields is generally less than $100 \times 10^8 \text{ m}^3$. Moreover, natural gas only makes up 2 percent in the primary energy consumption structure. The exploration strategy of developing China's natural gas is to continuously expand the explorations of seven developed and developing gas areas, such as Sichuan, Shanganning, Talimu, Tu-Ha, Chaidamu, Qiongdongnan-Yingehai and Donghai etc., and to actively open up the explorations of six new areas, such as in the centre of Zhungeer, the Jurassic basins in northwest China, the new regions in south China, the palaeozoic strata in north China, the deep zones in Bohai Bay Basin, and the deep zones on the east side of Changyuan, Daqing in Songliao Basin etc.

SUBJECT HEADINGS: China, Natural gas, Gas source rock, Gas reservoir types, Gas reserves, Gas exploration, Exploration policy.

Kang Zhulin, Senior engineer, graduated in petroleum geology from Beijing Petroleum Institute in 1965; He is engaged in oil-gas exploration for a long term; Now he is the division director of exploration department in the Consulting Center of China National Petroleum Corporation. Add: (100724) Liupukang, Beijing. Tel: (010) 2095738.

Lei Li'an (*Exploration and Development Institute of Zhongyuan Petroleum Exploration Bureau*): **OIL AND GAS MIGRATION MODE OF QIAOKOU STRUCTURE IN THE DONGPU SAG**, NGI 16(1), 1996: 9~14

ABSTRACT: According to the differential accumulation theory, oil is generally concentrated at the bottom of structures. But the one in Qiaokou structure appears the contrary distribution pattern of "gas under oil and top oil with edge gas." In order to clarify the oil-gas distribution, an oil-gas migration model is set up by studying shale under compaction, fluid potential, oil physical variation, the geochemical characteristics of the oil and source rock and the relationship between petroleum and structures. The conclusions are