

# 四川盆地勘探天然气有利地区和新领域探讨(上)\*

罗志立\*\* 刘树根 刘 顺

(成都理工学院)

罗志立等. 四川盆地勘探天然气有利地区和新领域探讨(上). 天然气工业, 2000; (4): 10~13

**摘 要** 四川盆地天然气勘探工作 40 多年来, 已取得巨大的成绩, 有力地支援了四川省和重庆市建设。为保持二地区经济的持续发展和 21 世纪中国天然气工业发展战略的需要, 还必须扩大有利地区和探索新领域。笔者在参与四川盆地“六五”~“九五”国家重点攻关项目基础上, 结合前人研究成果, 从分析盆地勘探现状、总结天然气地质规律、开拓新领域这一思路, 从四个方面探讨这个复杂问题。虽不能提出具体勘探目标, 但在战略上可供抉择者参考和同行指正。

**主题词** 四川盆地 天然气勘探 预测 新领域

从 1953 年正规勘探算起, 四川盆地已进行了 45 年勘探工作, 发现气田 89 个, 其中大于  $50 \times 10^8 \text{m}^3$  可采储量的气田 21 个、获得总资源量  $7.18 \times 10^{12} \text{m}^3$  和探明、控制储量  $0.4315 \times 10^{12} \text{m}^3$  (1993 年计), 有力地支援了四川省及重庆市的建设, 为了保持二地区的持续发展, 还必须寻找有利勘探地区和探索新领域。

四川盆地勘探较成熟地区, 非一般远景评价方法能达到上述目的, 我们在参与四川盆地“六五”

~“九五”国家重点科技攻关项目基础上, 结合前人研究成果, 综合编制出新领域图(见图 1)。从分析盆地勘探现状、总结天然气地质规律、开拓有利地区、预测新领域等四个方面探讨这个复杂问题。

## 从总资源量转化率探讨 四川盆地天然气勘探远景

1. 从转化率对比, 可看出四川盆地天然气大有发展前景

水下重力流中获工业气流。根据各期沉积体系在平面上展布, 可望在邛崃—温江—彭县一带寻找到较大型的进积型三角洲储集体。在蒲江—新津—成都—广汉一带可能分布多个水下重力流储集体。

本文在完成过程中, 得到川西北矿区的大力帮助, 在此表示衷心感谢。

### 参 考 文 献

- 1 四川盆地陆相中生代地层古生物编写组. 四川盆地陆相中新世地层古生物. 成都: 四川人民出版社, 1982
- 2 丘东洲、李学慧等. 四川盆地西北地区上三叠统沉积相与油气. 石油地质文集(沉积相). 北京: 地质出版社, 1983
- 3 四川油气区石油地质志编写组. 中国石油地质志(卷十), 四川油气区. 北京: 石油工业出版社, 1989

- 4 四川省地质矿产局. 四川省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1991
- 5 韩克猷等. 四川盆地发展与上三叠统油气生成聚集关系. 天然气工业, 1991; (4)
- 6 丘东洲. 油气沉积学原理及其在勘探开发中的应用. 新疆石油地质, 1992; (1)
- 7 李勇、曾允孚等. 龙门山前陆盆地沉积及构造演化. 成都: 成都科技大学出版社, 1995
- 8 西南石油地质局. 四川盆地碎屑岩油气地质图集. 成都: 四川科学技术出版社, 1996
- 9 郭正吾、邓康龄等. 四川盆地形成与演化. 北京: 地质出版社, 1996
- 10 丘东洲. 油气层序地层学研究的若干问题. 新疆石油地质, 1998; (1)

(收稿日期 2000-03-14 编辑 黄君权)

\* 本文得到“油气藏地质及开发工程国家重点实验室”资助。

\*\* 罗志立, 教授, 1927 年生; 1952 年毕业于重庆大学地质系; 长期从事石油地质勘探、生产、科研教学等工作, 多次参加国际会议, 主持和参加多项国家重点科技攻关项目, 国家自然科学基金及国际协作等项目, 并多次获部、省科技成果奖, 在国内外有关刊物上发表论文 40 余篇, 并多次获得优秀论文奖, 享受政府津贴。地址: (610059) 成都理工学院石油系。电话: (028) 5227424。

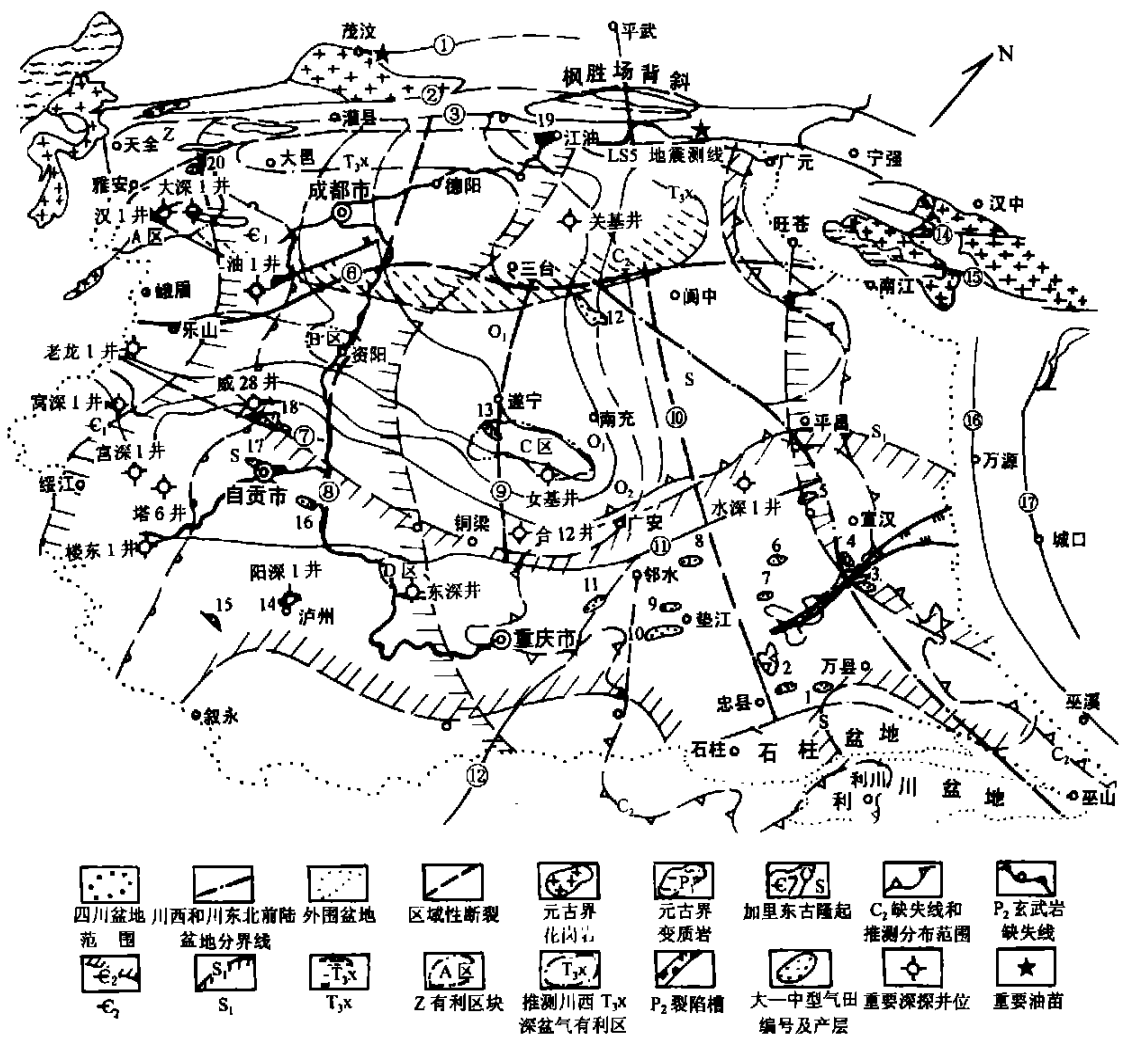


图 1 四川盆地天然气勘探有利地区及预测新领域图

注:生烃高强度区: C<sub>2</sub> (30 × 10<sup>8</sup> ~ 120 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>); S<sub>1</sub> (40 × 10<sup>8</sup> ~ 160 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>); T<sub>3x</sub> (60 × 10<sup>8</sup> ~ 270 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>)  
断裂: 茂县—汶川; 北川—映秀; 安县—灌县; 安宁河; 甘洛—昭觉; 龙泉山; 威远南翼; 什邡—简阳—隆昌;  
射洪—铜梁; 南部—大竹—忠县; ⑪华莹山; ⑫邻水—遵义; ⑬方斗山; ⑭小坝; ⑮西乡; ⑯万源—巫溪; ⑰城口;  
大中型气田: 1. 高峰场; 2. 大池干; 3. 五百梯; 4. 沙罐坪; 5. 铁山; 6. 云和寨; 7. 双家坝; 8. 福成寨; 9. 张家场; 10. 卧龙河;  
11. 相国寺; 12. 八角场; 13. 磨溪; 14. 阳高寺; 15. 付家庙; 16. 黄家场; 17. 自流井; 18. 威远; 19. 中坝; 20. 平落坝

资源量与储量的比率称转化率,用以表明勘探成效。美国阿纳达科盆地,区域构造特征与四川盆地类似,面积 9.2 × 10<sup>4</sup> km<sup>2</sup>,钻井 7 万多口,计算天然气资源量 4.2 × 10<sup>12</sup> m<sup>3</sup>,探明储量 3.9 × 10<sup>12</sup> m<sup>3</sup>,转化率较高为 76%;再如美国的二叠盆地,构造特征也与四川盆地类似,面积 30 × 10<sup>4</sup> km<sup>2</sup>,钻井 95 万口,计算的天然气资源量 3.8 × 10<sup>12</sup> m<sup>3</sup>,探明储量 2.7 × 10<sup>12</sup> m<sup>3</sup>,转化率高达 71%。四川盆地面积 18 × 10<sup>4</sup> km<sup>2</sup>,到 1993 年底,钻井 3 278 口,计算的资源量 7.184 7 × 10<sup>12</sup> m<sup>3</sup>,探明储量 0.481 3 × 10<sup>12</sup> m<sup>3</sup>,转化率很低,仅为 6.6%。表明四川盆地还有大量天然气资源有待开发。

2. 四川盆地天然气成藏组合关系及各层资源量

转化率对比(见图 2)

从近几年研究来看,四川盆地天然气烃源层与储层组合关系如下<sup>[1]</sup>,Z<sub>2</sub> 的气源主要来自 C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> 的气源来自于 S, P<sub>1</sub> 为自生自储、P<sub>2</sub> 除自生自储外还大量供给 T<sub>1+2</sub> 的气源, T<sub>2x</sub> 在川西除自生自储外还向上运移至上覆的红色 J<sub>2+3</sub> 形成次生气藏,共形成 8 个烃源体系。

总资源量按层系划分, C—O、C、P<sub>1</sub>、T<sub>3</sub> 四层最高,均超过 1 × 10<sup>12</sup> m<sup>3</sup>;其次为 P<sub>2</sub>、T<sub>1+2</sub> 和 Z 层。烃源体系关系提示我们,古生界和上三叠统是今后寻找大—中型气田应注意的层位;但 C—O (可能包括 S) 总资源量最高,目前尚未获得探明储量,这一空白

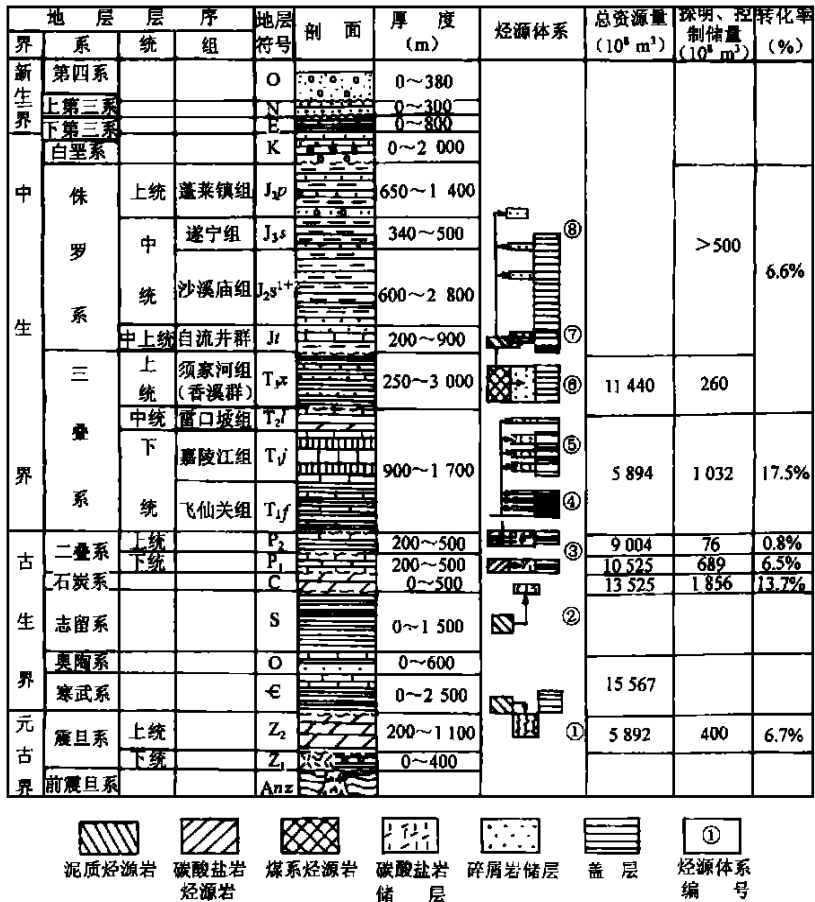


图2 四川盆地天然气成藏组合关系及 layers 总资源量转化率图  
(据四川石油管理局资料编制)

有待我们探索 and 发现。

对四川盆地已知大—中型气田分布规律的几点认识

目前已发现气田 137 个(包括含油气构造),其中储量大于 50 ×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup> 的大—中型气田 21 个,占气田总数的 15.5%,而拥有探明、控制储量约 81%,因此,分析这 21 个气田分布的规律性,对今后寻找大—中型气田有重要意义。

1. 古生界是四川盆地天然气主要分布层位

从层位上看,21 个大中型气田,有 24 个主力气藏,以 C<sub>2</sub> 为主(10 个),占 43%,Z 21 个,P<sub>1</sub> 5 个,T<sub>1+2</sub> 4 个,T<sub>3</sub> 3 个,J<sub>2+3</sub> 1 个。其中古生界 16 个,占 69.7%,因此古生界是四川盆地天然气主要分布层位,与前述总资源量在古生界海相地层为主的认识一致。

2. 川东区块占大—中型气田总数的一半

从大—中型气田分布地区上看,川东区块 11

个,川南区块 2 个,川西南区块 3 个,川中区块 2 个,川西区块 3 个。川东区块占大—中型气田总数的一半,这与川东石炭系有良好的储集层有关。

3. 储层以深层和超深层为主,气藏多为裂缝—孔隙型

从气田特征上看,气田规模小,闭合面积多小于 50 km<sup>2</sup>,大于 100 km<sup>2</sup> 气田仅 5 个,川东有五百梯和卧龙河气田,川西南有威远和自流井气田,川中有磨溪等气田。它们多为岩性—构造圈闭或背斜—断层圈闭。埋深大于 3 200~4 000 m 约占总气田数 69%,以深层和超深层为主。最具特征的是储层性质,无论砂岩或碳酸盐岩储层,孔隙度一般小于 6%,渗透率小于 1 ×10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>,多为裂缝—孔隙型气藏。储层裂缝发育的性质和程度,又与岩性和构造褶皱强度有关,褶皱强度过大,断层发育造成天然气散失,褶皱强度过小则不易勾通孔隙形成气藏,它们与现今构造有密切的关系。因此可看出,今后勘探的

气田,将面临的是气田规模更小、深度更大、储层性质甚为复杂的中—小型气田。

#### 4. “烃源层”“古隆起”“今构造”三要素

据多年的研究,形成大—中型气田主要取决于孔、洞、缝,良好的构造圈闭、烃源层的质量及盖层等其它地质因素。通过分析,可以“三论”概括:从烃源层的质量和分布,控制有无大—中型气田形成的可能性,即“烃源层控制论”<sup>[1]</sup>;从烃源层演化在排烃过程中有无古隆起存在,对大—中型气田区域性运移起控制作用,即“古隆起控制论”;从印支到喜山期的构造运动,对气藏圈闭形成的质量和气源再分配产生决定性的影响,即“今构造决定论”。分述如下:

(1) 烃源层控制论。上三叠统须家河组生烃强度在川西最高,到了第三纪可达  $110 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ , 本身具有自生自储的条件,目前发现了中坝、平落坝和八角场三个中型气田,均在川西生气拗陷边缘。近几年在德阳地区侏罗系红层中发现的浅层次生大型气田(储量大于  $500 \times 10^8 \text{ m}^3$ ),气源也来自下伏的超高压须家河组的地层中<sup>[2]</sup>。

下寒武统中的泥质岩为盆地良好烃源层,生烃强度最高地区是成都至泸州地区,生烃强度值最高可达  $(175 \sim 200) \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ,目前在区内发现的震旦系威远大气田和资阳含气区,除构造因素外,烃源层良好也起重要作用<sup>[2]</sup>。

下志留统在川东、川南和川西南的生烃强度值均高,大于  $80 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ,目前在川东发现12个中石炭统大—中型气田,即与烃源层供气充足有关,而川南和川西南因无良好的石炭系储层,故未发现大—中型气田。

(2) 古隆起控制论。加里东古隆起存在,对下古生界气藏形成有重要作用。如威远震旦系气田,加里东期处在古隆起南翼斜坡上,对川南下寒武统烃源层生油处于十分有利地位,印支—燕山期也是二次生气运聚指向处。资阳地区处在加里东古隆起北东向的轴线部位。

印支期古隆起,对天然气区域运聚关系十分密切。如泸州古隆起控制川南中、下三叠统气田的气、水区域性的分异程度;开江古隆起在川东石炭系顶面形成一个大面积的古气藏<sup>[3]</sup>,为以后燕山—喜山期五百梯等大气田形成有重要的作用。

燕山期形成的古隆起带,对川西浅层次生气藏

也有控制作用。据  $J_1 \rightarrow J_3$  厚度变化在川西有一北东向古隆起带,对这个带上的喜山期形成的鸭子河—孝泉—新场—合兴场—丰谷镇等气田或含气构造起着重要作用<sup>[4]</sup>。

(3) 今构造决定论。四川盆地有了好的烃源层和适时的古隆起,还不能构成大—中型气田;起决定作用的还是现今构造,特别是今构造圈闭的大小和隆起幅度高低关系密切,因闭合面积大,接纳天然气范围广;因其隆起幅度高,裂缝发育,对改造溶蚀孔洞和气水分异有控制作用。如我们从含油气系统对比研究了威远震旦系大气田和资阳含气区后,就可看出今构造决定论的重要意义<sup>[5]</sup>。威远和资阳同处于下寒武统烃源岩生烃有利地区,从加里东至燕山期古构造发展,资阳地区处古隆起轴部,震旦系溶蚀孔洞比威远构造发育,而当时威远构造处于乐山—龙女寺古隆起南翼斜坡带,无论从震旦系侵蚀溶孔或油气区域运移,都不及资阳地区。但是到了喜山期,威远形成一个大型穹窿圈闭,隆起幅度高,在震旦系形成  $400 \times 10^8 \text{ m}^3$  大气田,而资阳地区古构造改变为单斜,仅三口井获得工业性气流,成为一含气地区。从上述事例说明,同储集层、同烃源层和不同的古构造及今构造等诸多地质因素对比中,起决定作用的还是现今构造地质因素。

此外,四川盆地其它地区大—中型气田,无论分布在平缓的川中区块或褶皱强度较大的川南和川东区块,若无良好今构造圈闭,很难形成大—中型气田。这是裂缝性或裂缝—孔隙性气田本质决定的。

(论文余下内容将在本刊2000年第5期继续刊登,请读者留意)

#### 参 考 文 献

- 1 黄籍中. 论四川盆地天然气勘探接替区块. 天然气工业, 1998; (1)
- 2 王世谦. 四川盆地侏罗系—震旦系天然气地球化学特征. 天然气工业, 1994; (6)
- 3 李一平. 四川盆地已知在大中型气田成藏条件研究. 天然气工业, 1996; (增刊)
- 4 郭正吾等. 四川盆地西部浅层致密砂岩天然气勘探模式. 天然气工业, 1997; (3)
- 5 罗志立等. 四川盆地震旦系含气层中有利勘探区块的选择. 石油学报, 1998; (4)

(收稿日期 2000 - 02 - 28 编辑 黄君权)

## A DISCUSSION ON THE FAVOURABLE REGIONS AND NEW REALMS OF EXPLORING FOR NATURAL GAS IN SICHUAN BASIN ( )

Luo Zhili ,Liu Shugen and Liu Shun (Chengdu College of Technology). *NATURAL GAS IND.* v. 20 , no.4 ,pp. 10 ~ 13 ,7/25/2000. (ISSN 1000-0976 ; **In Chinese**)

**ABSTRACT:**Great successes have been achieved in natural gas exploration in Sichuan Basin in more than 40 years;which strongly supports the urban and rural development in Sichuan Province and Chongqing City. The favourable regions must be widened and some new realms must be probed in order to keep up a sustained development of the economy in the two territories and to meet the needs of developing natural gas industry in the 21st century in China. On the basis of achieving the national key research projects on Sichuan Basin carried out from the Sixth Five- Year Plan to the Ninth Five- Year Plan and in combination with the research results finished by our predecessors ,such a complicated problem is discussed from four aspects in consideration of the exploration situation of the basin and the geological laws of natural gas distribution ,and of opening up new realms. Although some concrete exploration targets can t be proposed , these ideas may be provided for the policy-makers to consult and for the technical personnel to correct strategically.

**SUBJECT HEADINGS:**Sichuan Basin ,Natural gas exploration ,Prediction ,New realm

**Luo Zhili** ( *professor* ) , born in 1927 ,graduated in geology from Chongqing University in 1952. He has been engaged in the works of the exploration , production , scientific research and teaching of petroleum geology for a long time ,took part in the international congress for several times ,directed and joined in several national scientific and technological key research projects ,National Natural Science Foundation projects and internationally joint-operated projects ,etc. He won the ministerial or provincial scientific and technological achievement prize and excellent article price for several times and published more than 40 papers in domestic and foreign relevant periodicals ,enjoying the government special subsidy. Add :Department of Petroleum ,the Chengdu College of Technology ,Chengdu , Sichuan (610059) , China Tel : (028)5227424

## CHARACTERISTICS OF HUANGQIAO CARBON DIOXIDE GAS FIELD AND ITS EXPLORATION POTENTIAL

Guo Nianfa ( Geological Research Institute of Huadong Petroleum Bureau) and You Xiaozhong ,Lei Yixin and Xu Jun (Huadong Petroleum Bureau).

*NATURAL GAS IND.* v. 20 ,no. 4 ,pp. 14 ~ 18 ,7/25/2000. (ISSN 1000-0976 ; **In Chinese**)

**ABSTRACT:**Subei Basin is of the geological conditions of forming large-sized carbon dioxide gas fields. Huangqiao carbon dioxide gas field is one of the largest carbon dioxide gas fields developed and utilized in the land of our country at present ,being of the properties that its reservoirs are composed of marine strata and continental strata and the deep-lying gas reservoir is interconnected with the shallow one. The former is mainly carbon dioxide and the latter nitrogen ,containing high-concentration helium ,therefore the latter is the product derived from the former. The carbon dioxide gas reservoirs are trapped in a large-sized anticline being composed of marine strata of Mesozoic-Paleozoic. The marine carbonate rocks (including a part of clastic rocks) are the major reservoir rocks of forming the carbon dioxide gas reservoirs because of their developed fractures and excellent porosity and permeability conditions. The top of the carbon dioxide gas reservoirs is covered by Cenozoic-Mesozoic with a tremendous thickness which constitutes a regional cap formation over the gas reservoirs. Although the gas constituents in various gas reservoirs are obviously different from each other ,all the constituents in various gas reservoirs and their isotope properties show that the gases in the reservoirs originated from magma-mantle basically. According to such a genetic mode ,considerable carbon dioxide gas prospective reserves may be provided for exploration in Huangqiao region.

**SUBJECT HEADINGS:**Subei Basin ,Huangqiao gas field , Carbon dioxide ,Exploration evaluation

**Guo Nianfa's introduction :**See v. 19 ,no. 3 ,1999. Add : No. 50 , Hangou Road , Yangzhou , Jiangsu (225002) , China Tel : (0514)7621085

.....

## OPPORTUNITY AND COMPETITION FACED BY FORMING AND DEVELOPING THE COAL-BED GAS INDUSTRY IN CHINA

Chen Yongwu (Planning and Development Department of China National Petroleum and Chemical Industry Bureau) and Hu Aimei (China National Union Coal-bed Gas Corporation Ltd). *NATURAL GAS IND.* v. 20 ,no. 4 ,pp. 19 ~ 23 ,7/25/2000. (ISSN 1000-0976 ; **In Chinese**)

**ABSTRACT:**China is very rich in coal-bed gas resources , occupying third place in the world ,in which the coal-bed gas resource extent above 2 000 m (buried depth) is  $30 \times 10^{12} \sim 35 \times 10^{12} \text{ m}^3$  and that below 2 000 m (buried depth) is  $67 \times 10^{12} \text{ m}^3$  in the land. At present the historical opportunity faced by forming and developing the coal-bed gas industry in China is mainly