

洞庭盆地第四系生物气地质特征及远景分析

黄泽新 罗小平

(中南石油地质局地质大队, 长沙 410117)

洞庭盆地面积约 $1.5 \times 10^4 \text{ km}^2$, 是在元古代基底的基础上发育而成的中新世断陷盆地。在新构造运动的影响下, 几度沉降接受了厚度 100~334 m 的第四系沉积。在洞庭湖区, 普遍见生物气显示。生物气的聚集主要受控于气源条件及储集条件。富含有机质的暗色沉积物是良好的气源层, 砂、砂砾层是生物气主要聚集场所。全新统上部的粘土或砂质粘土为区域性的良好盖层。肖家湾-鸭子港区及三仙湖-茶盘洲区是洞庭盆地第四系生物气勘探的有利区域。

关键词 洞庭盆地 第四系 生物气 地质特征 远景分析

第一作者简介 黄泽新 男 40岁 工程师 石油地质学

洞庭盆地位于湖南省北部及湖北省南部, 地理坐标为东经 $111^\circ 15' \sim 113^\circ 30'$, 北纬 $28^\circ 00' \sim 30^\circ 00'$, 面积约 $1.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

1 地层与沉积环境

1.1 地层

洞庭盆地第四系发育齐全, 沉积厚度一般为 100~250 m。盆地中部最大厚度可达 334 m。其岩性主要为河流及湖泊沼泽相的粘土、砂质粘土、砂及砂砾层。根据岩性、孢粉组合及同位素年龄, 从下至上可分为下更新统、中更新统、上更新统及全新统。

1.1.1 下更新统 (Q_1)

在盆地边缘的湘阴-岳阳、常德-临澧一带零星出露, 沉积物最大厚度在南县肖家湾-汉寿西港辰护一带, 厚度 230 m, 一般为 20~150 m。下部为灰绿、黄绿、浅灰黄色、紫红色砂质粘土或粘土、砂及砂砾层, 局部夹薄层泥炭; 中部为黄灰绿色、蓝灰、蓝绿色粘土与砂(或砂砾)互层, 富含植物碎屑; 上部为黄褐色、灰黑色、蓝绿色砂质粘土或粘土及含砾粗砂, 富含植物碎屑, 局部夹泥炭层。

1.1.2 中更新统 (Q_2)

主要出露在盆地东南缘, 最大厚度达 123.4 m。下部为黄褐色、黄白色含砾粗砂、砂砾或砾石层, 夹砂质粘土透镜体。上部为红色粘土。在部分地区由暗红、桔红、灰黄色粘土、砂质粘土与灰-灰黑色、黄褐、黄白色粉细砂、粗砂、砂砾层组成上细下粗的 2~3 个韵律层。

1.1.3 上更新统 (Q_3)

主要出露于湖盆边缘及现代河流两侧的低阶地, 一般为十几米, 最大厚度 28 m。主要为黄、浅黄、灰黄色粘土及砂质粘土, 部分地区下部为灰黄色砂砾层。

1.1.4 全新统 (Q_4)

主要分布在河、湖地带, 构成宽广的冲、湖积平原, 沉积厚度一般几米至 40 m 不等。最大厚度在岳阳

广兴洲-君山一带,厚达 55.32 m。主要为灰、灰褐、灰黑色为主的粉砂质粘土、砂质粘土、粉砂及细砂,部分地区底部为含砾的不等粒砂层,层中普遍含丰富螺蚌壳、植物根茎及枝叶。

1.2 沉积环境

第四纪的洞庭湖盆由于新构造运动的影响,曾几度升降,面积不断扩大或缩小,但总体以沉降为主,堆积了巨厚的第四纪沉积物。

1.2.1 早更新世

早更新世早期属湖盆早期发育阶段,湖盆面积较小,仅在盆内局部低洼地带接受了泥沙沉积,以填平沟谷作用为主。

早更新世中、晚期,随着地壳的逐渐沉降,湖盆面积不断扩大(图1)。在沅江赤山一带,由于受南县一目平湖断裂的影响,形成近南北向的水下隆起,将洞庭湖盆分隔成东西两部分,东洞庭湖的沉积中心在湘阴营田一带,西洞庭湖的沉积中心在南县肖家湾-西港一带。

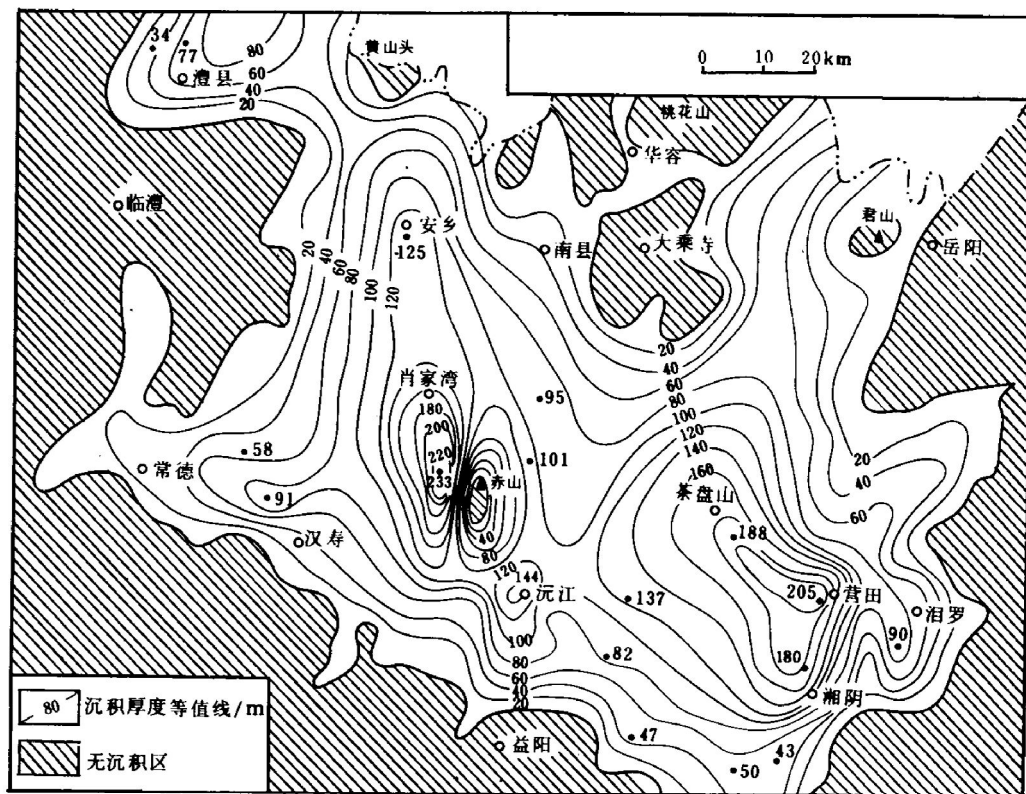


图1 洞庭盆地第四系下更新统沉积等厚线图

在湖盆的东部,岳阳荣家湾-汨罗-湘阴及铜官一带,水动力较强,其沉积物为花岗质的砂层、砂砾层夹砂质粘土及粘土层,为河流三角洲相的沉积。湖盆中部的南县肖家湾-汉寿西港,南县的三仙湖-沅江茶盘洲一带,为此时的主要湖盆,沉积物厚达 180~230 m,主要为粘土、砂质粘土夹砂砾,含丰富的植物碎屑及泥炭层,为湖泊沼泽相为主的沉积。层中富含的植物碎屑及泥炭层,表明此时期气候湿热,生物极为繁盛。

1.2.2 中更新世

中更新世的洞庭湖盆,在早更新世未曾一度上升之后又持续下沉,水面渐次扩大,构成宽广的浅水湖盆,此时的洞庭湖面积较早更新世更大,西部在西斋-桃源一线以东,北部则跨越今日的长江一直延伸到江汉平原,是古洞庭湖最兴盛的时期。沉积物的厚度总体是南大于北,沉积中心在汉寿周文庙及湘阴八字哨一带。

此期湖盆内水量丰富,水流速度较大,搬运能力较强,沉积相为河流相或河流-湖泊相,沉积物主要为黄褐色砂砾层夹棕红色砂质粘土及粘土,从沉积物纵向上看,部分区域显示 2~3 个上细下粗的沉积韵律,反映此期水动力变化频繁。

1.2.3 晚更新世

继中更新世末湖盆抬升后, 此期湖盆再次抬升, 水域面积大大缩小, 湖泊被分割、萎缩, 盆地大部分成为陆地而未接受沉积。此时的湖盆主要有安乡—常德湖盆, 大通湖—茶盘洲湖盆, 由于汇水量减少, 水动力强度较小, 接受外来的物质不多, 故沉积物很薄, 主要为浅黄色粘土、粉砂质粘土及少量粉细砂夹砂砾, 反映为河—湖相沉积。

1.2.4 全新世

全新世的洞庭湖盆是在晚更新世湖盆抬升后再度沉降形成的湖盆。随着地壳的不断沉降, 湖盆面积逐步扩大, 整个洞庭湖盆连成一片(图2), 至明末清初达全盛时期^[1], 范围基本为现今洞庭湖盆地的河湖平原区。

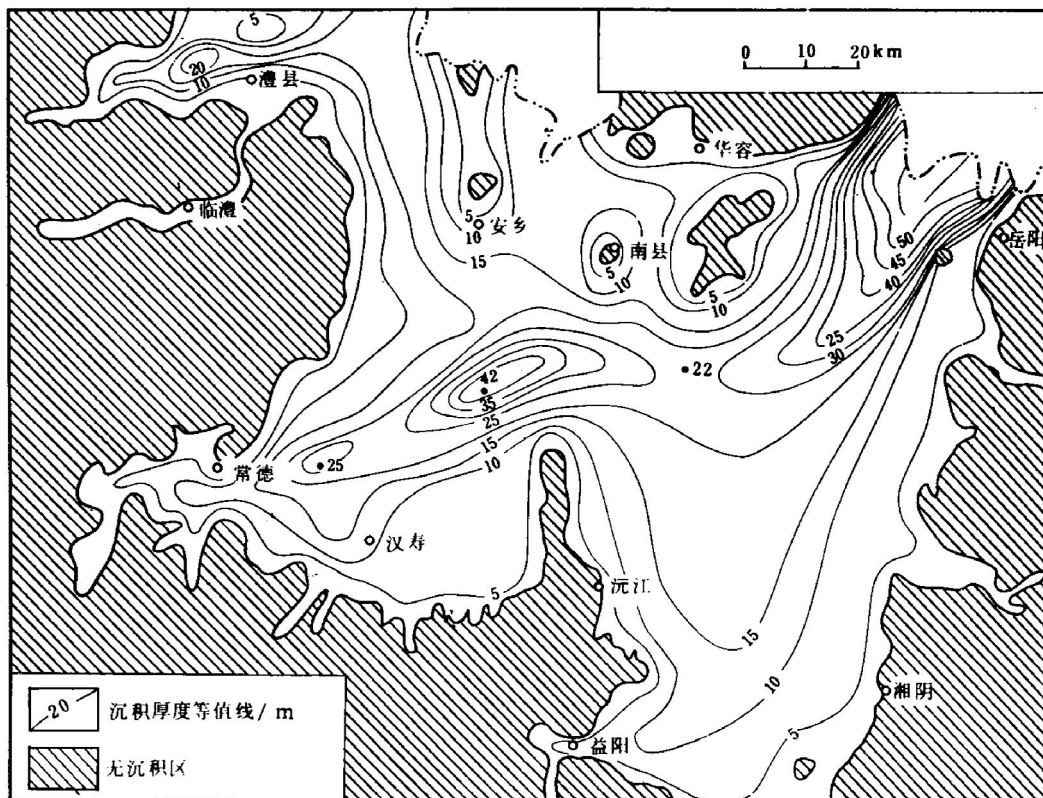


图2 洞庭盆地第四系全新统沉积等厚线图

此时期在牛鼻滩、三仙湖、大通湖、广兴洲、君山一线水体较深, 沉积物厚度较大, 厚30~50 m, 在广兴洲最大厚度达55.32 m, 而其它地区, 沉积厚度较小, 一般5~20 m。沉积物主要为粉砂质粘土和细砂, 湖盆边部夹砂砾层。沉积物中含丰富的螺蚌壳及植物碎屑, 表明此期为亚热带气候, 生物极为繁盛。

2 成气条件分析

2.1 气源层

第四系沉积物中, 可作为气源层的湖泊沼泽相暗色沉积物, 以下更新统及全新统较发育。

2.1.1 下更新统

早更新世在洞庭盆地普遍发育一套灰—灰黑色、灰绿色、蓝灰色、黄绿色的粘土、粉砂质—砂质粘土及粗细砂层, 层中含丰富的植物碎屑, 部分地区为泥炭层(为碳化或半碳化的植物根茎、枝叶或草本植物所组成)。

汉寿—安乡、沅江—湘阴一带属早更新世的主要湖盆, 暗色沉积物厚度较大, 西洞庭湖的汉寿—安乡湖盆暗色沉积物厚50~70 m左右, 在南县肖家湾CK303孔深112 m处见一层厚度达4.4 m的泥炭层; 东洞庭湖的沅江—湘阴湖盆暗色沉积物厚40~60 m左右, 在沅江幸福港CK33孔深152、180、210 m处各见厚约0.2~

0.5 m 的泥炭层。湖盆内暗色沉积物厚度变化较大,从湖盆中心至边缘厚度逐渐变薄,颜色由深变浅,植物碎屑逐渐减少。在其它地区,暗色沉积物不发育,厚度很薄,仅在局部呈透镜状零星分布。

2.1.2 全新统

主要为湖泊沼泽相沉积,普遍发育一套以灰、灰黑色、蓝灰色为主的粘土、砂质粘土、粉砂及细砂,层中含丰富的螺蚌及植物碎屑,一般厚 5~10 m,在湖盆中部牛鼻滩、三仙湖、大通湖、广兴洲、君山一带厚度达 10~30 m,层中所含的螺蚌及植物碎屑随沉积物厚度变化而不同,一般沉积物厚度较大的区域,其螺蚌及植物碎屑相应较丰富,纵向上一般 1~2 层,部分地段 3~4 层,单层厚 0.5~2.5 m,呈透镜体状分布。植物碎屑主要为草本植物和灌木的根茎叶,尤以芦苇的根茎居多,这些植物部分或大部分呈半碳化状态,与泥质粉砂、细砂等相混合呈疏松状态,似牛粪状,腐殖酸含量一般 6.21%~8.16%,个别达 19.41%。

2.2 储集层

第四系沉积物中砂砾层、砂层及泥质粉砂层均可作为良好的储集层,主要分布在中、下更新统及全新统。

2.2.1 下更新统

以泥质粉砂、细砂及砂砾层为主的储集层较发育,分布面积较广,一般厚 40~60 m,在沅江茶盘洲一带厚度可达 60~80 m 左右。砂砾层主要位于下更新统中、下部生气层之下,砂及泥质粉砂位于生气层之间,部分泥质粉砂层含植物碎屑丰富,同时又是良好的气源层。纵向上砂层一般 2~4 层,单层厚 5~10 m,最厚达 20 m 左右,呈透镜体状、扁豆状或似层状分布。

2.2.2 中更新统

中下部主要为一套砂及砂砾石沉积,均可作为生物气的良好储层,一般厚 50~80 m 左右,在东洞庭湖湘阴、白马寺一带厚度稍大,达 100 m 左右。在西洞庭湖部分层段为湖泊沼泽相沉积,其砂及砂砾层厚度比东洞庭湖要小。

2.2.3 全新统

由于总体沉积物厚度不大,砂及粉砂层厚度相对较薄,一般 5~10 m 左右,在牛鼻滩、三仙湖、大通湖、广兴洲、君山一带,砂体较发育,厚度稍大,最大厚度在岳阳广兴洲—君山一带达 35 m 左右,砂层单层厚 0.5~10 m,横向上不稳定,呈透镜体及扁豆状分布。

2.3 盖层条件

第四系可作为生物气盖层的粘土、砂质粘土较发育,分布广泛,下更新统—全新统纵向上均存在数层一定厚度的粘土、砂质粘土。其中下更新统粘土及砂质粘土厚 30~40 m,上更新统厚 5~15 m,全新统上部普遍存在 1~5 m 的粘土或砂质粘土,均可作为生物气区域性的良好盖层,是本区生物气得以保存的重要条件。

2.4 生储盖组合

本区生物气的生、储、盖组合大致可分为以下两种类型。

2.4.1 自生自储式组合类型

下更新统及全新统大部分砂质粘土、粉砂、细砂层孔渗性好,又富含丰富的螺蚌壳及植物碎屑,既是良好的生气层,同时又是储气层,从全新统众多的生物气显示看,本区以这种组合类型为主。

2.4.2 互层式正向组合类型

此种组合类型为生气层、储气层在纵向上间互出现。下更新统及全新统普遍存在数套粘土—砂质粘土—粉、细砂—砂砾层这种上细下粗的沉积韵律,其中粘土、砂质粘土既是生气层,同时也是盖层,粉、细砂及砂砾层为储气层。

3 生物气显示

3.1 概况

洞庭盆地生物气显示广泛,岳阳、华容、南县、安乡、常德、汉寿、沅江等县市境内均有显示。除自然出露地表的众多气苗外,湖南省石油队在 1960 年及 1972~1975 年天然气普查中,所施工的部分钻孔见不同程度的气显示。含气层埋藏较浅,一般深 3~35 m 左右,气井压力一般为 10~100 kPa,少数大于 100 kPa,

日产气 100 m³ 左右, 燃烧时一般火焰高 0.3~0.7 m, 个别火焰高大于 1 m。

该区生物气以甲烷为主, 其次是氮、氢、氧气等, 重烃含量较少 (表 1)。

表 1 洞庭盆地生物气组分表

%

采样地点	CH ₄	C ₂ H ₆	N ₂	H ₂	O ₂	CO ₂ +H ₂ S
安乡县安康	95.16	0.29	2.30	0.04	0.04	1.41
南县长厚	93.98	0.22	3.31	0.19	0.20	2.20
沅江县草尾	89.2	0.88	5.21	0.14	—	4.55
沅江县立新	96.06	—	1.13	0.07	0.21	2.52
南县沙港市	94.75	—	2.70	—	0.21	2.35
岳阳广兴洲	75.00	—	18.20	0.40	4.50	2.00

3.2 显示区

3.2.1 三仙湖-沙港市

位于南县三仙湖与大通湖之间, 含气层为第四系全新统, 区内有 4 个含气层, 但不在同一剖面出现, 多为 1~2 层, 单层厚 0.5~2.4 m, 呈扁豆状, 透镜体状产出, 埋深 5~22 m。

本区气显示较多, 初步统计达 213 处, 可供利用的有 98 处, 发现大小气藏 9 个。最大的气显示井为 CK19 孔, 气层深 22 m, 气压达 120 kPa, 日产气 400 m³, 燃烧时火焰高 1.5 m。

3.2.2 广兴洲气显示区

位于岳阳市北西普兴-广兴洲-南洲一带, 面积约 20 km², 气体主要赋存于第四系全新统富含有机质的沉积物中, 一般含气 1~3 层, 单层厚 0.5~2.5 m, 最厚 5~10 m, 埋深 3~35 m, 1960 年湖南省石油队所施工的 40 多口井不同程度地见气显示。

3.3 特征

目前所发现的生物气主要赋存于第四系全新统沉积物中, 全新统纵向上一般有 1~2 个含气层, 部分地区有 3~4 个含气层, 含气层单层厚 0.5~5 m, 个别 5~10 m, 含气层为灰黑色、灰黄、灰绿、蓝灰色粘土、砂质粘土、粉砂、细砂及砂砾层等, 层中普遍含丰富的螺蚌壳及植物碎屑。

本区生物气是沉积物内大量的螺蚌、藻类及植物碎屑等有机质在泥炭化和未成熟成岩阶段, 通过甲烷菌的生物化学作用而形成的天然气, 气体的化学组分以甲烷为主。

从众多的气显示看, 含气层的气量与沉积物的厚度及有机质含量密切相关, 沉积物厚度大、有机质含量丰富的层段, 含气量相对较大。近代低洼的河湖密布地区, 气显示较普遍, 显然这些区域为昔日河流弯曲处或湖泊滞流地带, 水生植物及藻类茂盛, 并接受了大量外来植物碎屑的堆积, 有利于生物气的形成。

生物气主要储集于粉—细砂、中、粗砂及砂砾层中, 其次为砂质粘土层, 储集类型主要为孔隙型。储集层一般呈透镜体、扁豆体状或似层状, 气藏规模一般较小, 大的砂体长 1 000~1 500 m, 宽 500~800 m 左右, 小者长宽数十米, 气藏的埋藏深度距地表 3~15 m, 部分 25~30 m。

生物气只有在有致密的粘土层作为盖层的条件下才能得以保存。区内全新统部分含有机质层并不都含气, 是因为缺少作为盖层的粘土层, 生物气已逸散的缘故。

4 远景分析

根据区内各次级湖盆的沉积环境、沉积物厚度、气源层有机质丰度及储集层、盖层发育情况的分析对比, 初步认为肖家湾-鸭子港、三仙湖-茶盘洲一带是寻找生物气较好的区域。

4.1 肖家湾-鸭子港区

位于南县肖家湾以南, 汉寿鸭子港—犁头嘴以北, 面积约 400 km²。为澧水与沅水的交汇部位, 一直处于西洞庭湖盆的沉降中心, 沉积物厚 200~334 m, 是整个洞庭盆地第四系沉积厚度最大的区域。

下更新统厚 150~230 m, 气源层厚 50~70 m。以砂质粘土、粉砂—细砂为主的储集层较发育。具有自生自储的特征, 中上更新统及全新统的粘土层厚 5~15 m 叠加其上, 形成良好的区域性盖层。

全新统厚 30~40 m, 普遍含丰富的螺蚌壳及植物碎屑。已发现 2~3 个含气层, 含气层厚 0.5~2.5 m, 呈透镜状、扁豆状产出, 埋深 3~30 m, 气显示普遍。

4.2 三仙湖-茶盘洲区

位于南县三仙湖东南, 沅江县茶盘洲北西地区, 面积约 900 km², 处湘、资、沅、澧四水的汇合部位, 是东洞庭湖的沉积中心, 第四系沉积物厚 200~265 m。

下更新统厚 100~180 m, 气源层厚 50 m 左右, 在幸福港 CK33 孔中深度为 152, 180, 210 m 处分别见厚约 0.2~0.5 m 的泥炭层。纵向上存在 3~4 层一定厚度的粘土或砂质粘土, 对生物气的保存十分有利。在 CK33 孔井深 189.5 m 处见有气显示。

全新统厚 15~20 m, 含有机质较丰富的气源层厚 3~8 m, 具有自生自储的特点。一般有 2~3 个含气层, 单层厚 0.5~2.4 m, 气显示较普遍, 个别气苗达 120 kPa, 日产气最高达 400 m³。

参 考 文 献

- 1 周国棋, 成铁生, 赵守勤. 洞庭盆地的由来和发展. 湖南地质, 1984, 3 (1): 62

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF QUATERNARY BIOGAS IN DONGTING BASIN AND ITS PROSPECTS

Huang Zexin Luo Xiaoping

(Geological Brigade, Central-South Bureau
of Petroleum Geology, MGMR, Changsha)

Abstract

Dongting Basin, covering an area of 1.5×10^4 km², is a Meso-Cenozoic fault-depressed basin developed on the basement of the Proterozoic. It subsided several times and received 100~334 m thick Quaternary sediments under the influence of neotectonic movement. Biogas showing could be seen very often. The accumulation of the biogas is primarily controlled by gas source and reservoir conditions. The organic-rich dark sediments are good source beds; sand beds and gravel beds are major places for biogas accumulation, the clay and sand clay beds of the upper part of the Proterozoic are fine regional cap beds. It is suggested that Xiaojiawan-Yazigang and Sanxianhu-Chapanzhou regions are favourable for Quaternary biogas exploration of the basin.