

三水盆地二氧化碳气藏地质特征及成因探讨

唐忠取

(广东省地质局七三五队)

1977年5月22日,广东省地质局七三五地质队,在三水盆地施工的水深九井发生井喷,每日喷出纯二氧化碳气500万立方米以上。第二年当地的水稻增产二成,用该井的气体对蔬菜施肥,使蔬菜增产40.9—398%,引起有关方面注意。佛山地区专门成立二氧化碳研究所,研究该井气体的综合利用问题。二氧化碳是一种肥效显著的“气肥”,国外一些先进国家已比较广泛地在温室或棚房中对作物施用二氧化碳。同时二氧化碳在工业、商业上的用途极广泛,特别是对粮食、种子、蔬菜和肉类的保鲜作用效果良好,其经济价值十倍于天然气,是一种宝贵的地下矿产。本文利用七三五地质队和南海石油勘探指挥部二大队的地质资料,对三水盆地北部宝月背斜、沙头圩构造一带二氧化碳气的地质特征、分布规律、成因及远景进行初步探讨。

一、三水盆地地质概况

三水盆地位于我国南方珠江三角洲,广州市处在其东翼(图1)。盆地面积2500平方公里,沉积了近5000米厚的白垩—早第三纪湖相、河流相碎屑岩、火山岩及火山碎屑岩,以陆相堆积为主。早第三纪中期有短暂的海水侵入,在盆地边缘斜坡和高地发育一套灰岩沉积(表1)。西部主要是石炭、二迭系;东部为二迭、上三迭系含煤建造;东南部则为下古生界变质岩。通过普查勘探已发现若干油气田、石膏、岩盐矿产。

三水盆地是一个受新华夏体系和纬向构造体系联合控制的断陷盆地。盆内发育的东北、北东北和北西向两组断裂交织成网格状;北东北向断裂控制白垩纪沉积。北西向断裂使盆地地下沉发育成为统一的菱形盆地,堆积了巨厚的第三纪沉积。

盆内白垩—早第三纪火山活动频繁激烈,具有多旋回、多期喷发、延续时间长、厚度大、面积广等特点。几乎各组段都有不同程度的火成岩活动。根据火成岩活动时间及岩性特点可分为三个喷发旋

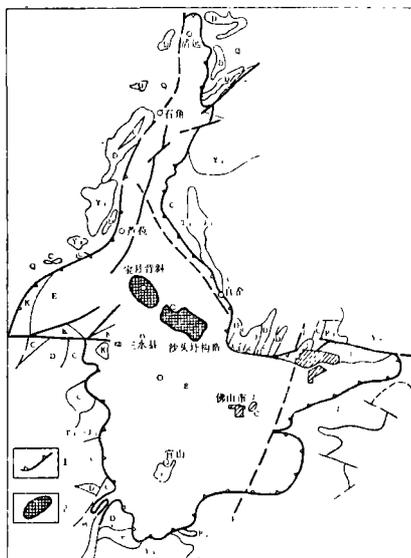


图1 广东省三水盆地地质略图

1. 盆地界线 2. 本文研究区位置

表 1

三水盆地白垩—第三系地层简表

| 地 层 系 统 | | | | | 岩 性 综 述 | 火 山 岩 | 矿 产 | |
|------------------|------------------|---------------------|--------|-------------|---|----------------------|--|----------------|
| 系 | 统 | 组 | 段 | 厚度(米) | | | | |
| 第四系 | | | | 0—40 | 灰黄、灰色砂质粘土、流砂、泥炭土、砾石 | | | |
| 下 第 三 系 | 始 新 统 | 华 涌 组 | 三段 | 0—340 | 灰紫色、灰绿色、灰黑色灰质泥岩夹灰棕色砂砾岩、粗砂岩 | | | |
| | | | 二段 | 500—985 | 灰白、灰紫色砂砾岩，含砾砂岩，棕红色粉—细砂岩与灰绿色、紫褐色粗面岩岩、玄武岩、火山碎屑岩互层 | 粗面岩、玄武岩、火山碎屑岩厚度>680米 | | |
| | | | 一段 | 250—500 | 灰白、棕红色砂砾岩、粗砂岩与棕红色棕色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩互层 | 黑色玄武岩流纹岩 | | |
| | | 西 布 组 | 二段 | 200—420 | 浅棕、灰白色含砾砂岩、粗砂岩与棕色泥质粉砂岩、砂质泥岩互层 | 黑色玄武岩总厚79米 | | |
| | | | 一段 | 100—200 | 灰棕色砂岩与棕色粉砂岩、泥岩互层夹深灰色泥岩 | 粗面岩总厚48.5米 | | |
| | | 布 心 组 | 三段 | 100—450 | 灰黑色泥岩与灰白、浅灰色中、细砂岩互层，上部具凝灰岩标志层 | 黑色、绿灰色玄武岩、凝灰岩总厚195米 | 石油、二氧化碳、岩盐 | |
| | | | 二段 | 100—300 | 深灰、灰黑色灰质泥岩夹灰色粉砂岩盆地东部及西南部夹灰色灰岩 | 粗面岩、流纹岩、火山角砾岩总厚171米 | 石油、二氧化碳 | |
| | | | 一段 | 100—300 | 棕红、深灰色灰质泥岩夹棕灰色粉砂岩，普遍含石膏，局部见灰岩 | | 石膏 | |
| | | 大朗山组 | | | 50—150 | 浅灰、灰色砾岩、砂砾岩、棕红色砂岩 | | |
| | | 白 垩 系 | 上 统 | 三 水 组 | 二段 | 200—500 | 上部深棕、灰棕色粉砂岩、灰棕色砂岩夹青灰色泥岩，含石膏；下部暗棕色砂砾岩，含砾砂岩、砾岩 | 粗面岩、玄武岩凝灰岩厚70米 |
| 一段 | 500 | | | | 上部棕红色泥质粉砂岩，青灰色泥岩泥质砂岩，下部暗棕色砂砾岩、砂岩 | | | |
| 下 统 ? | 白 鹤 洞 组 | | 二段 | >600 | 深灰色灰色泥灰岩与深棕色粉砂岩互层见石膏薄层 | 流纹斑岩40米 | | |
| 一段 | | 黄褐色砾岩、砂砾岩、砂岩与紫红色粉砂岩 | | | | | | |
| 先白垩系 | | | | | | | | |

回，八个喷发期，喷发次数三、四十次以上。第二旋回为白垩纪，包括二个喷发期；第二旋回为早第三纪布心期至西布期，包括四个喷发期；第三旋回为华涌期，包括二个喷发期。一个旋回由酸性(流纹岩、流纹斑岩)开始，向碱性(粗面岩)、基性(玄武岩)过渡，最后以较大规模的基性喷发结束。火山活动以华涌二期最激烈，布心期次之。火山岩主要分布在腹心部位，已裸露地表岩体二十多个。另外还有大量钻井揭示或磁力勘测推断的隐伏火山岩体，它们受北东和北西向两组断裂控制，特别是断裂交叉部位往往是火山口、规律性比较明显。

二、宝月背斜——沙头圩构造简介

宝月背斜和沙头圩构造带呈北西向横亘盆地北部(图2)。其西北及东南两端被北东向

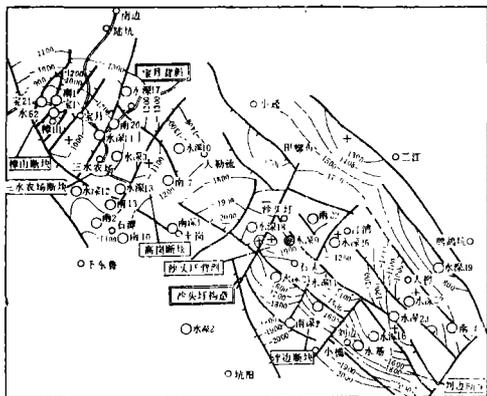


图2 宝月背斜—沙头圩构造布心组构造略图

断层切割,与其它构造分开;东北和西南有或显或隐的向斜与其它构造带相隔。有的同志认为这两个构造同属一个二级构造带;亦有同志把他们分开,认为应分属不同构造带。作者根据二个构造轴线大体一致,又有相通的北西向断裂;石油、天然气和二氧化碳气的聚集具有很多相同点,暂把他们列在一起,以便叙述。

宝月背斜位于西北,沙头圩构造处于东南,两者之间为被断层复杂化的向斜鞍部相连,构成长约17公里,宽约4.5公里的隆起带。

宝月背斜为一短轴背斜,轴向大体北西,其北端有转向北北东趋势。长轴7公里,短轴4.5公里。西南翼受断层切割变窄,倾角 10° — 12° ;东北翼宽缓,倾角 5° — 10° 。宝月背斜处于区域斜坡背景上,东北和东南有深凹的向斜;西南翼的向斜浅缓,全靠断层封闭。闭合高度约550米,是一个由褶曲和断层复合造成的构造。背斜上北东和北西向两组正断层发育,把背斜切割成若干断块,控制油气聚集的断块自高至低有樟山、三水农场及高岗。不同断块上油气水性质不同、油气水界面高度不同、 CO_2 含量不同,具有明显的分割性。一般断层下降盘油气保存条件较差,油气层较少;上升盘油气保存条件较好、层数较多。

沙头圩构造是在向北东翘起的斜坡背景上,受北西和北东两组断裂切割的背斜、断鼻、断块组成的构造群。各断块自成封闭系统,闭合度可达500米。沙头圩构造向北西倾没,东南则抬升与另一构造过渡嵌接。长10公里,宽约4公里。

三、天然二氧化碳气产出形式

宝月—沙头圩构造已有二十口钻井,二十六层发现丰富程度不同的二氧化碳气。产气层位在宝月背斜较新,以布三段为主;沙头圩构造较老,主要产自布二段,少数在布三段及大明山组。

根据二氧化碳丰度及伴生物,本区二氧化碳气产出形式可分下列五种:

(一) 纯二氧化碳气藏: CO_2 含量99%以上,其它气体含量很低。以纯气方式产出。见于沙头圩背斜东断块。 CO_2 纯度高、产量大,具有重大工业价值。

下面介绍该类型主要井——水深九井情况:气体产自布二段石灰岩溶洞,井深1429.17—1432.67米,溶洞高3.5米。该井钻遇溶洞后泥浆严重漏失、光进不出,发生猛烈井喷。强大气流沿井口、泥浆出口管及灌浆管线猛烈外喷,粗壮气柱高达百米。地层憋裂、气流到处

窜冒，形成十几处喷泉，致使井场及四周稻田形成大片深塘，井场淹没在泥水之中，气雾弥漫，泥水翻腾，犹如沸腾大锅。因喷出纯二氧化碳气，井场严重缺氧，人员难以接近。由于喷气吸热，产生有趣的现象，在南方盛夏，井口套管结冰厚0.6米，喷气管线白色霜冻，寒气逼人。初喷时日产气量约500万立方米以上；六月中旬产气340万立方米；七月初安装新井口，通过六条4½"管线放喷日产气270—218万立方米；中旬稳定在日产200万立方米，直至抢险成功。井口压力60公斤，该井狂喷失控60多天，后期仍能保持这样大产量，说明该气藏气量相当丰富。气体组分：CO₂ 99.55%；N₂ 0.255%；CH₄ 0.194%；H₂S 0.002—0.003%；SO₂+SO₃ 28—42毫克/米³；He 0.013%；相对比重1.514（表2）。

表2 三水盆地宝月—沙头圩构造天然气成分

| 构造 | 沙头圩构造 | | | | 宝月背斜 | | | | | |
|---------|-------------|----------|-------|-------|--------|---------|---------|---------|-------|-------|
| | 沙头圩背斜 | 泮边断块 | 刘边断块 | | 高岗断块 | 三水农场断块 | | | 樟山断块 | |
| 井号 | 水深9 | 水深11 | 水基1 | 水深16 | 南7 | 水深3 | 水深13 | 水深17 | 宝1 | 南1 |
| 层位 | 布二段 | 布三段 | 布二段 | 大朗山组 | 布三段 | 布三段 | 布三段 | 布三段 | 布三段 | 布三段 |
| 井深 | 1429.17 | 1411.4 | 1602 | 1431 | 1162 | 1103 | 1112.2 | 1171.4 | 754.2 | 785.9 |
| 二氧化碳(%) | 99.55 | 9.441 | 少量 | 2.61 | 83.99 | 7.57 | 16.53 | 1.09 | 1.62 | 0.19 |
| 甲烷(%) | 0.194 | 60.934 | 66.44 | 66.55 | 12.29 | 70.39 | 59.99 | 56.96 | 94.20 | 95.62 |
| 乙烷(%) | 0.023 | 11.268 | 15.54 | 15.03 | 1.27 | 6.65 | 7.21 | 18.63 | 1.08 | 1.40 |
| 丙烷(%) | 0.024 | 6.551 | 10.09 | 8.79 | 0.46 | 2.68 | 2.54 | 12.37 | 0.27 | 0.26 |
| 丁烷(%) | 0.035 | 1.917 | 4.68 | 3.32 | 0.15 | 0.91 | 0.98 | 6.15 | — | — |
| 戊烷(%) | 0.032 | 0.673 | 1.615 | 1.12 | 0.05 | 0.29 | 0.37 | 2.13 | — | — |
| 己烷(%) | 0.019 | 0.212 | 0.413 | 0.37 | — | — | — | 0.52 | — | — |
| 氮(%) | 0.255 | 8.941 | 1.214 | 2.21 | 1.79 | 11.17 | 11.95 | 2.17 | 2.84 | 2.53 |
| 氦(%) | 0.013 | 0.061 | 微量 | 微 | 0.110 | 0.338 | 0.419 | | — | |
| 硫化氢(%) | 0.002—0.003 | | | | | | | | | |
| 相对比重 | 1.514 | 0.852 | 0.841 | 0.825 | 1.386 | 0.749 | 0.842 | 0.938 | 0.617 | 0.575 |
| 备注 | 纯二氧化碳气 | 低二氧化碳气原油 | | | 高二氧化碳气 | 低二氧化碳湿气 | 低二氧化碳原油 | 低二氧化碳干气 | | |

(二) 高浓度二氧化碳气藏：CO₂含量约80%，CH₄+N₂含量百分之十几。以纯气藏方式产出，见于宝月背斜高岗断块。以南7井为例：气层深1161.4—1177.1米，厚6.7米，为布三段砂岩，14毫米孔板日产气47400立方米，气层中部压力118大气压。气体组份：CO₂ 83.99%；CH₄ 12.99%；C₂H₆—C₄H₁₀ 1.88%；C₅H₁₂ 0.05%；N₂ 1.79%。相对比重1.386。

(三) 天然湿气藏中低浓度二氧化碳气：CO₂含量低于20%，混于天然“湿气”中产出。CO₂含量可由微量—16.53%。见于宝月构造三水农场断块，如水深13、水深3、南20井。由于CO₂含量低，无单独利用意义。

现以水深13井为例：气层位于井深1112.2—1118.8米处，厚6.0米（扣除夹层）。产气层位为布三段Ⅳ下—1层。用30毫米孔板日产气量3400米³。气体组份：CO₂ 16.53%；CH₄ 59.99%；C₂H₆—C₄H₁₀ 10.73%；C₅H₁₂ 0.37%；N₂ 11.95%。

（四）天然干气藏中低浓度二氧化碳气：CO₂含量很低为0.19—1.51%，混产于以CH₄为主的天然气藏之中。见于宝月背斜顶部樟山断块。水16、南7、宝1、宝21等井皆见，产气层为布心组三段砂岩。

现以宝1井为例：气层井深754.2—761.4米、厚6.6米。层位为布三段Ⅳ下—1层含砾粗砂岩。日产气量118500立方米。气层中部压力67.3大气压。气体组份：CO₂ 1.62%；CH₄ 94.20%；C₂H₆ 1.08%；C₃H₈ 0.27%；N₂ 2.84%。相对比重0.617。

（五）原油中低浓度二氧化碳气：CO₂含量低于20%，混于原油溶解气中，在宝月背斜和沙头圩构造的油井中常见。产出层位为布三段、布二段及大朗山组，岩性有砂岩，溶孔灰岩及灰质砾岩。

以水深11井为例：产层井深1411—1413.2米，厚1.8米，层位为布三段，细粒油砂岩，产原油。溶解气成分为：CO₂ 9.44%；CH₄ 60.93%；C₂H₆—C₄H₁₀ 19.74%；C₅H₁₂—C₆H₁₄ 0.94%；N₂ 8.94%；He 0.061%。相对比重0.8522。

四、二氧化碳气储集岩类型

本区二氧化碳气储集岩主要为灰岩、砂岩，层位为下第三系。主要储集类型有：

（一）灰岩溶孔、溶洞型：灰岩或灰岩质砾岩（砾石主要为碳酸盐岩，灰质胶结）受地下水溶蚀形成孔洞，形状极不规则，大小不等，从数毫米至3.5米。孔洞内壁常有结晶方解石镶嵌。孔洞和裂隙常连通。孔滤隙和渗透性良好，是一种良好储层，发育于沙头圩、马头岭地区。

（二）碳酸盐岩粒间孔隙、生物骨架孔隙型：由藻屑、生物屑粒间孔或造礁藻类生长时形成的孔隙。孔隙度可达10.2—12.2%，渗透率0.99—106.63毫达西。部分孔隙被后生碳酸盐充填而降低其孔渗能力。发育地带同上型。

（三）裂隙型：主要是受构造作用形成，岩性有灰岩、砾岩、砂岩、泥岩及火山熔岩（熔岩裂隙包括部分冷凝收缩形成的节理），其中以灰岩及灰质砾岩裂隙较好。

（四）砂岩孔隙型：本区以长石石英砂岩为主，自细粒至粗粒，有时含细砾石，多呈次棱角状，分选较好。胶结物以碳酸盐和粘土矿物为主，少量硫酸盐。胶结类型，孔隙式占绝大多数，少量基底式。分选性差，孔隙度、渗透率变化大。有效孔隙度2.61—16.87%，渗透率从小于1到1233毫达西。

五、天然二氧化碳气成因探讨

据国外文献报导，几乎所有地下天然气都含数量不等的二氧化碳，其中CO₂含量在80—100%的天然气藏占全部天然气藏总数的千分之二。

关于天然二氧化碳气的起源，假说甚多，概括起来可分成有机成因和无机成因两大类。

(一) 有机成因说：认为CO₂是有机物受氧化后生成的。

1. 有机物的分解作用：有机物质如石油、煤、泥炭、植物等，在厌氧细菌的作用下，遭受氧化，生成CO₂。国外波光瓦用重质原油在厌氧细菌作用下，经过二年以上时间的分解，产生450毫升气体。其组份为：CH₄ 20.9%；重烃气0.008%；H₂ 0.6%；CO₂+H₂S 4.6%；N₂ 73.9%。

2. 矿化水对碳氢化合物的氧化：含Na₂SO₄的水与碳氢化合物作用生成CO₂，其反应方程式为：

$$C_nH_m + Na_2SO_4 + 4H_2O \rightarrow H_2S + NaHCO_3 + CO_2 \uparrow + 2CH_4 \uparrow$$

(二) 无机成因说：

1. 火山喷出的气体，含丰富的CO₂；

2. 火成岩浆与碳酸盐岩接触，使碳酸盐岩变质生成CO₂；

3. 地下水中的酸类溶解碳酸盐岩生成CO₂。

对本区的CO₂及其伴生气体组分、产层地质特征及与火山活动关系进行考察之后，认为本区CO₂主要是无机生成的，有机成因的可能性很小。从上面叙述中不难看出，有机成因起源的CO₂，应伴生大量的N₂和H₂S气体，N₂占绝大多数。而本区随CO₂产出的气体中，N₂和H₂S的含量较低，与有机成因的高N₂、高H₂S迥然不同，故排除以有机成因为主的可能性。

根据本区地质情况，我们认为本区CO₂来源有下列三种：

第一种是火山喷气中的CO₂。据近代火山喷气分析，除含丰富的CO₂外，有少量N₂、He等气体。本区发现的富含CO₂的气井(气藏)，都分布在早第三纪火山活动区内，距火山喷口或溢出熔岩裂隙约2—3公里范围内(图3)。如沙头圩构造水深九井附近，井下地表发现三期火山喷发，侵入活动，即布心组二期(见于水深21、水深26井)；西布组一期(见于水深9、南22井)；华涌组二期(见于水深9井南石头村及水深21、水深9井)。火山岩有玄武岩、流纹岩、粗面岩、火山角砾岩、凝灰岩、总厚近三百米，喷发次数在十次以上。宝月构造南7井附近亦见三期火山喷发活动：布心组三期(图4)见于水深13、南13、南36、南14、南2井井下，火山岩体平面分布呈纺锤形、沿北东分布、长约3公里、宽约1公里，在南13井最厚，达207米；西布二—华涌组一期(图5)，见于南30、水深3、水深13、南36、水深12及南13井。形态及走向大致同上，以水深13井最发育，厚106米；华涌组二

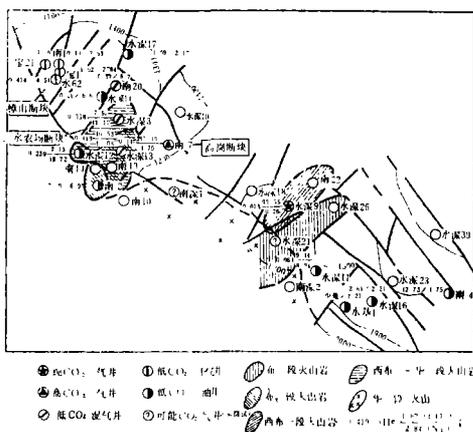


图3 CO₂、N₂、He含量与火山岩分布图

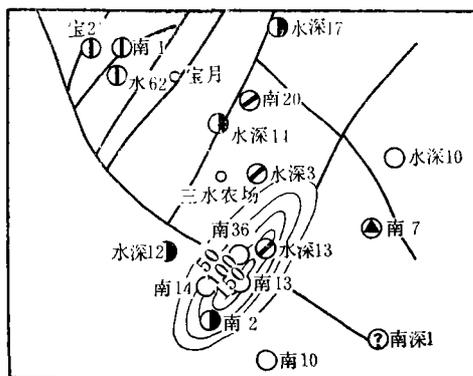


图4 宝月背斜布三期火山岩等厚图

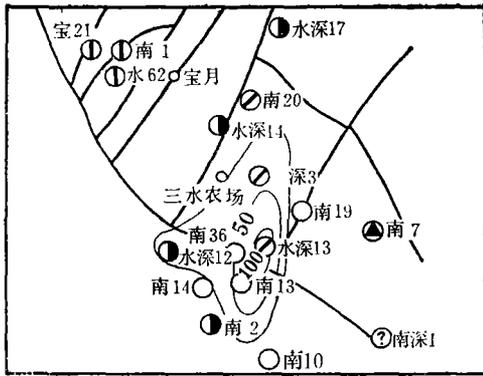


图5 宝月背斜西布二——早一期火山岩等厚图

期(遭受后期构造剥蚀, 仅见于南深1, 南10井一带) 火山岩主要是玄武岩、火山角砾岩、凝灰岩, 累计厚度达430米, 喷发次数十次以上。多次喷发为CO₂提供了丰富的气源, 同时也带来一定数量的N₂和He气。距火山喷口越近的井CO₂浓度越大, 反之较远则稀。

第二种是炽热的火山岩浆、热液和碳酸盐岩(本区石炭、二迭及下第三系皆有灰岩)接触, 其热力促使石灰岩分解, 产生CO₂。但是, 观察井下或地面火山岩和沉积岩接触带, 发现围岩受烘烤变质范围一般小于10厘米,

甚至未见接触变质带; 另外, 在喷出熔岩的上下层都发现过油层, 但原油并未遭受强烈氧化, 说明这类熔岩热力有限, 它所引起的变质作用亦有限。

第三种是地下水中的酸类溶解碳酸盐岩生成CO₂。沙头圩——马头岭一带地下水强烈交替带深度可达地表之下一千四百余米。如水深九井1929米灰岩溶洞水, 矿化度为3675.8—4817.3毫克/升; 水深23井1031.6—1048米灰岩裂隙水, 矿化度1673.2毫克/升, 日产水量12吨(表3)。地表水携带溶解于其中的酸类沿断裂、破碎带或裂隙深入地下, 溶解早第三纪灰岩及灰岩质砾岩, 形成发育的溶孔、溶洞, 同时生成CO₂。

表3 水分析成果

| 井号 | 井深 | 水层岩性 | Cl ⁻ | SO ₄ ⁻ | CO ₃ ⁻ | HCO ₃ ⁻ | Na ⁺ +K ⁺ | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | 总矿化度(毫克/升) |
|------|-----------------|-------|-----------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------|------------------|---------------|
| 水深9 | 1929.17—1932.47 | 灰岩溶洞水 | 298.1—311.3 | 1.5—14.0 | 214.00—386.5 | 3203.6—4284.2 | 1496.3—1597.7 | 12.2—72.5 | 19.9—31.3 | 3675.8—4817.3 |
| 水深23 | 1031.6—1048.0 | 灰岩裂隙水 | 335.7 | 8.0 | 0 | 1282.0 | 627.9 | 47.3 | 9.2 | 1673.2 |

六、二氧化碳气的运移和扩散

地史上聚集的CO₂, 在地下水重力分异作用下, 沿裂隙、孔隙不断地向构造高部位移和扩散。宝月构造不同高度断块, CO₂浓度不同就是明显的例子(图6): 樟山断块处于背斜顶部, 为低浓度CO₂干气藏, 深度726—840米。CO含量很低, 为0.49—1.49%; N₂ 1.77—4.54%, 烃类气体以CH₄占绝对优势, 为92.76—97.65%; C₂H₆—C₄H₁₀ 0.95—2.54%; 相对比重0.59—0.617。三水农场断块位于背斜翼部, 为低浓度CO₂、湿气或原油, 深度1057—1200米。CO₂及N₂

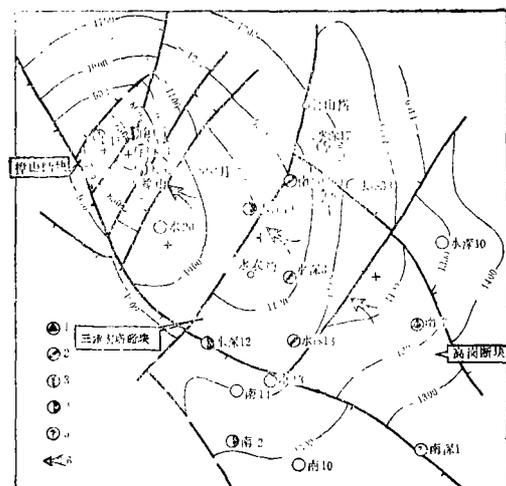


图6 宝月背斜CO₂、N₂扩散与构造关系图

1.高CO₂气井 2.低CO₂湿气井 3.低CO₂干气井
4.低CO₂油井 5.可能CO₂气井 6.CO₂、N₂扩散方向

含量高于樟山断块, CO_2 一般 7.57—16.53%; N_2 6.7—12.85%; He 0.145—0.419%; CH_4 59.99—80.68%; C_2H_6 — C_4H_{10} 9.82—11.25%; C_5H_{12} 以上液烃 0.28—0.37%, 相对比重 0.672—0.84。高岗断块比三水农场断块更低, 产高浓度 CO_2 , 深度为 1100—1250 米 (气体组分见南 7 井成果)。产生这种浓度扩散分异的原因与离火山活动区的远近有关, 同时与宝月构造的发育史有密切关系。七三五地质队研究认为, 宝月背斜在布心—西布期为一长期持续下陷地带, 沉积了巨厚地层, 宝月背斜可能是在华涌组二期由于强烈的构造运动, 并伴随激烈的火山活动才褶皱隆起, 因而是个后期形成的背斜。由于大体平行长轴的北西向断层及垂直轴向的北东、北北东向断层发育的结果, 背斜支离破碎, 切割成众多的高低不同的断块。其中北东向断层对油气富集具有显著的遮挡控制作用。作者认为宝月地区的原油和烃类气体可能形成较早, 且比 CO_2 先进入圈闭中。火山喷气生成的 CO_2 、 N_2 和 He 等气体, 在地下水作用下, 首先在火山喷发区的低洼部位富集。后来, 由于重力分异作用, 它们通过断层、裂隙及孔隙向顶部运移。这几种气体中, CO_2 分子较大, 运移比较困难; N_2 分子较小, 比重轻, 而且不易形成大分子量络合物, 运移能力比 CO_2 强得多。不同性质气体, 运移能力很不相同, 经长期运移扩散, 使靠近火山喷口的高岗断块 CO_2 浓度最大。由于原始喷气成分中 CO_2 远高于 N_2 , 因而紧靠高岗断块的三水农场断块, CO_2 浓度虽大为下降, 但仍高于 N_2 。 CO_2 不易运移, 随着距离增大、运移障碍增加, 浓度迅速降低。而 N_2 易运移, 因而相对含量超过 CO_2 。这种现象在三水农场断块顶部及樟山断块很明显。沙头圩构造在靠近火山喷口及地下水剧烈活动带的水深九井, CO_2 浓度特别高, 而在离火山口远的断块处浓度迅速下降。

七、天然二氧化碳与石油、天然气的关系

石油是由富含有机物质的沉积物在还原环境下迅速埋藏, 并通过细菌和化学的作用, 转变为复杂的聚合物—干酪根。以后随埋藏深度加大, 温度升高, 干酪根逐步热降解成油。即石油是有机成因的。而本区富集的 CO_2 , 及世界上绝大部分地下二氧化碳的成因是与火山活动或地下水中酸类溶蚀碳酸盐岩有关, 也就是说是无机生成的。石油和 CO_2 的成因及环境要求是极不相同的, 石油要求还原环境; CO_2 则要求氧化环境, 且常与剧烈的火山活动有关, 而这对油气的生成和保存是很不利的, 两者简直是水火不相容, 但为何两者又常“伴生”? 下面分二种情况进行讨论。

(一) 由原油氧化变质生成的二氧化碳。

世界上某些地方的天然 CO_2 气藏, 如美国加利福尼亚州的麦吉特里克油田、墨西哥的托皮拉、基勃拉恰、帕努科油田中的 CO_2 是沥青质厚油被氧化而生成。残留油中富含焦油, 它与 CO_2 储集在同一个构造内。这种由原油氧化变质而生成的 CO_2 气必然与石油共存。

(二) 与岩浆活动有关生成的二氧化碳

我们认为这种 CO_2 气与石油伴生的原因在于 CO_2 是一种流体, 它的储存、富集需要适宜的盖层、储层和圈闭, 而这种条件恰与油气储存、富集的要求一致, 所以它们常在一起出现。它们产生的情况大致有以下几种:

1. 以 CO_2 为主、烃类气体仅占少量;

2.以石油、天然气为主,含低浓度CO₂;

3.CO₂和石油同处于一个构造之中,CO₂居构造顶部成气顶,石油处于翼部,形成环状原油带。如美国科罗拉多州麦卡伦油田,据报导认为是后期生成的CO₂运移至构造顶部,把原来已聚集的石油排挤到翼部;

4.CO₂与油气同处于一个构造,但烃气及原油处于较高部位的断块内,而CO₂处于低断块内。如宝月油气田,它的形成与自成封闭系统的多断块构造,不同时期生成的油气与CO₂的运移聚集有关。

CO₂与石油、天然气虽成因不同,但关系密切,在油气勘探过程中,除应注意研究石油、天然气生成、富集规律外,还应注意综合找矿,寻找CO₂气藏,充分注意研究CO₂和油气的联系,根据它们的内在关系、地质构造条件、火山活动情况寻找油环或低部位的CO₂等。

本文得到七三五石油地质大队许多同志指导,胡世英同志代为清绘所附图表。在此一并致谢。

参 考 文 献

诺尔曼 W·亚登斯 1963.9 科罗拉多州落矶山一个环状含油带 石油技术杂志。

文摘

分析族组份的自动化中压液相色谱法

一种快速的生油岩分析方法

高温热解——荧光强度测定是一种快速的生油岩分析方法,适宜于在井场使用。将称过重量的岩心或岩屑放在试管中加热,取出凝结在试管管壁上的沥青,使之溶解在数毫升的溶剂中。用一只简单的带滤光片的紫外线荧光计测量溶液的荧光。这一荧光强度与用法国石油研究院生油岩评价仪测出的热解烃类的峰值十分一致,因此,这一荧光强度可用于快速评价生油岩的生油潜力。此外,若将荧光强度与有机碳含量作成关系图,有助于区分生油岩的类型。

(张义纲摘自美国工程与工业,
第一卷,石油与天然气工业技
术评论,1979年版,第43页)

自动化中压液相色谱法适用于原油和岩石抽提物的地球化学分析。重量为1至500毫克的样品可以按20个样品一组,成组地自动化连续分析。每一个100毫克的样品其分析时间为20分钟。样品重量在10毫克以上时,相对误差不超过5%。通过进样圈和由马达驱动的二只20通旋转阀自动进样。硅胶型柱子,工作压力为4—11巴,程序调节流量。非烃先由二根100毫米长的前置柱分离开,饱和烃在柱子上用正己烷先洗提出来,然后再用正己烷反向洗提出芳烃。如果要求回收非烃,可用乙醇冲洗前置柱而取得。这一方法不需要先进的电子器件或其他昂贵的设备即能达到全自动化。

(张义纲摘译自美刊《分析化学》
1980年52卷3期406—411页)