

中国东南部存在着一系列向西的推覆构造。台湾新第三系向西面大陆推掩（喜山期），浙闽火山岩带向西面南华褶皱带推掩（燕山期），武夷山的“深断裂”很可能是犁式（Listric）逆断层上陡的一段。湘赣边境的南华褶皱系（加里东期）同样向西推掩。雪峰以东，南华褶皱带的中上古生代盖层也向西面的雪峰基底推掩，并产生了向西突出的祁阳弧与滑动式的褶皱和逆断层（印支—早燕山期）。因此，在这一层叠推覆体下保存着的未变质的中古生代地层及其在印支—早燕山期的古构造面貌，应该成为该区打开新领域的主要关键。后期由于雪峰隆起的作用，在改造这种层叠推覆构造同时，还以重力滑动方式产生新的推掩，如雪峰隆起北侧的川湘鄂和苏皖一带出现的流、滑构造，使地表构造和地下构造不相协调。川东的同不整合面有关的中石炭统的天然气藏，过去就是由于被表层构造所掩盖而未能及早认识。

中国东部南北两大陆块之间也曾经经历过推掩作用（印支—早燕山期），扬子准地台及南华准地台曾整体向北面的中朝准地台推覆，造成了两大陆块之间构造岩相带的异常结合和莫霍面的重力非补偿性。推覆带前的拗陷包括合肥盆地及周口盆地的掩覆体下的中古生代具有找油气的前景。

华北地区燕山晚期以来箕状盆地的形成，改造了印支—早燕山期的构造格局。虽然断层结构面的力学性质发生了转化，但对掩埋在箕状盆地下面的前期中古生代构造性质及含油气条件的重新认识，应在今后的工作中予以重视。

总之，在大型推覆构造的概念下，一方面对有机质在后期深埋环境下有重新形成油气的条件，另一方面对早期形成的油气有发生再分配情况，应同时予以充分注意，将有助于开拓油气资源的新地区、新领域、新类型和新深度。

（陈焕疆）

## 多种天然气资源的勘探

目前对天然气的勘探愈趋重视。全世界气和油的产量比例为1:1.5，我国仅为1:7。因此，我国扩大天然气储量和产量的前景很大。

按习惯划分，有十种不同的天然气。天然气分为常规气和非常规气。非常规气比之常规气的地质储量大得多，但开采成本高，产量低，仅其中一小部分在特定有利条件下才有工业价值。

常规气依与石油伴生与否，分为伴生气和非伴生气。非伴生气按不同成因又分为热成气和生物气。热成气又可按照产状而分为煤系气、深盆气、逆掩断层气等。

一切有机质埋藏达一定深度后，受热分解均可生成热成气。不论是腐泥型或腐殖型分散有机质还是煤，在演化到终极产物——石墨之前，每公斤原始物质均可生成0.05—0.2立方米甲烷，只是腐殖型比之腐泥型可在较浅的层位中，以较低的地温较早地热解成天然气。

煤系气<sup>1)</sup>在世界天然气探明储量中所占的比重有不同的统计数字。有报导说,在苏联煤系气占65%。这种报导,把西西伯利亚白垩系气田与侏罗系气田混为一谈,碳同位素数据表明白垩系的气是生物气,西西伯利亚90%的气是生物气。据苏联1980年统计,世界上赋存在含煤岩系中的天然气仅占总储量的2%。实际上,生气最多的是腐殖腐泥过渡型有机质或腐殖型与腐泥型互层的地层,不是典型的煤系地层。

勘探热成气,应首先了解地层中有机质的演化程度是否到了生气阶段。出现生气高峰的地温是150°C左右,埋深通常在三、四千米以上。应设法圈定已进入生气阶段的岩层面积和体积,并估算其生气量。其次,因为埋藏深,压实程度高,储层孔隙度显得比较重要(一般应在8%以上)。应以寻找构造和地层圈闭为主,但也不能忽略其它形式的圈闭。如西加拿大的深盆气圈闭,上倾方向被卤水封住,气体无法渗透穿过含水饱和度为65%的粉砂岩或砂岩,卤水代替页岩成为阻挡气体的屏障。它是典型的热成气实例,整个剖面不分岩性和有机质类型,全部被气所饱和(但只有在砂岩中的一小部分天然气才有工业价值)。

区域性构造活动的动力作用也可以促进热成气的生成。近年来,北美西部巨大的科迪勒拉逆掩断层带之下发现了一系列油田和纯气田,即为一例。我国也有近似的远景地带,由于构造和地形复杂,勘探时要求相当高的地震技术以查明深部构造,暂时还有困难。

生物气占世界天然气探明储量的20%以上,部分是大型气田。它是由细菌生成的气,特点是浅,大多在十多米至千余米,也有深达二、三千米的。因此易于勘探,能短期见效。目前已发现赋存生物气的地层是从泥盆系到第四系,储量主要集中在白垩系和第三系,一部分在第四系中。我国以往找到的生物气仅限于第四系,如上海、浙江、广东沿海一带、柴达木盆地和青海湖等。沿海一带,含气的第四纪地层向海域延伸,直至大陆架边棱,是未来寻找大型生物气田的重要场所。我国东部的盆地虽经广泛勘探,但以往没有重视浅层天然气。如松辽盆地在钻探过程中,曾在浅层出现过大量气喷,造成井口塌陷和钻机沉没。近来,101队在松辽盆地浅层地层中采集了系统剖面样品,经碳同位素分析证明是生物气。因此,有必要对我国东部盆地重新进行勘探。

勘探生物气应注意寻找古海(湖)岸线,滨海(湖)带和海(湖)湾等有利地带。生物气常出现在海(湖)进、海(湖)退期的沉积物中。气源岩一般层理良好,含腐殖腐泥过渡型有机质,大多数有机碳含量并不十分高,在0.3%以上,一小部分为有机碳很高的炭质页岩,氯仿抽提物中非烃含量高而饱和烃和沥青质含量低。应说明的是,淡水湖泊不具备形成生物气的条件,必须是咸化湖。这种古湖泊在我国西部很多。

此外,在日本有一种称为水溶气的生物气,是日本的主要天然气资源。据认为,世界其他地区也应该有类似的溶解在卤水中的浅层天然气。随天然气采出的卤水可提取碘,这使日本成为碘的主要供应国。

非常规气主要有五种:致密砂岩气、页岩气、煤层气、地压气、深源气。据1980年

1)在地壳中,分散有机质的总数量约为煤的一千倍,即使在煤系地层中,也还是分散有机质占大多数,有人认为,荷兰格罗宁根气田为煤成气,但分析数据表明重烃含量达3.35%,超过煤层气的极限1.6%甚多,说明有较多的气体来自腐泥型有机质。煤成气一词应改为煤系气。

的统计数字，美国常规天然气探明储量是54,000（单位为亿立方米，下同），而非常规天然气地质储量是：致密砂岩气，170,000；页岩气，3000—150,000；煤层气，20,000—240,000；地压气850,000以上。尽管非常规气地质储量大，经济因素却限制了它们的开采。美国1980年天然气总产量是5675，预计在1990—1995年期间，致密砂岩气可年产2180，页岩气年产227，煤层气年产14，地压气估计尚不会大规模生产。

上述数字说明，最值得重视的是致密砂岩气。致密砂岩的特点是胶结作用强烈，渗透率低，仅为0.001—1毫达西，比之常规储气岩低5—2000倍，孔隙率是3—12%。正因为渗透率低，对盖层和圈闭的要求也低，甚至可以由于同一砂岩层内不均匀的胶结作用而将气体封闭在局部部位，并且不易被破坏。即使在构造抬升之后也还有保存的机会。美国这种气藏的深度是500—6000米。虽然这些砂岩致密坚硬，钻探成本高，但常因埋藏较浅而得到了补偿。这种含气层虽较薄（2—30米），但分布面积广，有时夹在页岩中呈透镜状。如苏南在致密的泥盆纪五通砂岩中曾钻遇过天然气，这种砂岩在苏浙皖一带有大面积分布。由此看来，致密砂岩内的天然气资源在我国的前景不容忽视。

页岩气赋存在有机质十分丰富（含量达4%以上）的暗色页岩中。这种页岩的特点是层理发育，为富含有机质和富含矿物质的粘土互层，形成数毫米厚的纹层。所含的气体，一部分是生物气，一部分是热成气，或由二者混合而成。它们保存在微小的粒间孔隙中或吸附在有机质和粘土矿物上，因此，在钻探过程中不一定出现气显示。美国起初也把这些气体漏掉了，后来经井下爆破（现在已用水力压裂法或生物—化学法代替），使这些气体脱附并沿着层理和裂隙冒出来，聚集成工业气流。页岩气的采收率较低，仅10%；产量也低，每天单井为300—15,000立方米，但产量十分稳定，寿命可达35—70年。常规气井的投资一般不到二年可回收，页岩气井要五年半。在美国，主要是东部地区三个盆地的泥盆纪页岩，目前开采的只是一小块地区，那里由于基底断裂的活动，派生了一系列向上尖灭的裂隙系统，从而提高了工业价值。这种富气页岩在岩性、岩相和有机质类型上与生物气源岩近似，也大致平行于海（湖）岸线分布。在我国以往的勘探中，类似的页岩屡见不鲜，今后应加强研究和勘探。

煤层气是煤经过热分解而生成气，以吸附状态保存于煤层中。每吨煤吸附的天然气数量十分悬殊，从0.0001到20立方米不等，取决于煤的牌号、深度、温度和压力。煤的牌号愈高，生成和吸附的气愈多。每年从煤矿中作为有害气体排出的煤层气数量甚多，如美国一年就达20—26亿立方米，迄今很少利用。这是因为煤矿工业考虑的首先是煤矿安全，采收煤层气需要采取水力压裂或注入处理剂使裂隙扩大，如处置不当，会导致顶板塌陷。煤层气中二氧化碳和水份的含量不稳定，也影响了它的发热价值；这些成分有时含量很高，会引起管道的腐蚀。因此，应考虑和避开这些不利因素，找寻特定条件，开采和利用煤层气。

地压气是溶解在水中超过正常静压力的高压气。它具有双重性，同时采热水和气，以地热资源为主，天然气资源为辅。美国、苏联、北海都有这种气。规模最大的在墨西哥湾沿岸一带，这一地区从第三纪以来沉降和沉积迅速，在2500—5400米深处出现地压带，压力为280—1000公斤/平方厘米，比该地区正常压力约高一倍，温度为95—205℃，比正常温度高70—85℃，每立方米水的溶解气可达3立方米以上。尽管地质储量极大，

困难在于采收时溶解气常易逸出成为气泡,降低水流渗透率,采收的大量卤水需要加以处理,地面常出现沉陷,善后措施代价较高。据认为水温需超过 $120^{\circ}\text{C}$ ,溶解气需接近饱和度,储层厚度在90米以上,储层体积超过4立方公里,能每天产6000立方米水并连续20年的才够工业价值。我国京津地区是一个地热资源带,渤海湾地区具有类似于墨西哥湾的条件,应加以注意。

深源气是指来自地球深部的气,一种是地幔在演化过程中不断释出的甲烷和氢气,称为地幔气。地震和火山喷发时都有这种气体放出,其中一部分可留在地层中。另一种是在很高的地温下水份分解而生成的氢气,称为地热氢。氢气上升至接近地表时,可经细菌作用而转化为甲烷。非洲基伍湖旁边有玄武岩浆活动,雨水渗入地下与玄武岩浆接触,放出氢气,在湖底蕴藏着570亿立方米的甲烷。据计算,埋藏在15公里深处的每一公斤火成岩和变质岩平均含水0.6%,可分解出75毫升氢气。又根据地球上氢的循环,算出每年从深部释放至大气中的氢气约重8600万吨,其中一部分在沉积岩中以天然气或原油形式出现。深成气应在深大断裂两侧和玄武岩浆活动的地区寻找。

综上所述,天然气的领域十分宽广,前景很大,对各种各样的天然气都应加以注意。在勘探上除了向深部地层寻找天然气外,同时也应注意寻找浅层天然气,对已勘探过的地区和层位还有重新检查的必要。

(张义纲)

## 重视浊流研究寻找浊积砂岩体油气藏

许靖华根据对瑞士苏黎世湖和美国圣迭艾大海槽的现代沉积研究,提出了一个浊流沉积模式,指出浊流是一种深水环境的混水重力流。在现代海槽的深海平原和湖泊中心的最深部位,特别是海槽斜坡前缘和湖泊滑坡前缘,浊流沉积更为发育。所形成的浊积砂岩体,常与槽形凹陷或断裂延伸方向一致。带状延伸可达几百公里,厚度可达几十米。在纵向上或横向上,与深水至较深水相泥质岩互层或相变,形成良好捕油、储油条件。许氏还认为,这些浊积砂岩体,由于不协调的相变和后期差异压实作用,常在湖盆或海槽深部形成隐蔽圈闭(包括隐状的背斜圈闭和岩性—地层圈闭)。这些圈闭与油气形成、运移期相协调,显然具有良好的聚油性。因此认为浊积砂岩体有巨大含油气潜力,是一个新的重要的找油找气方向。如美国南加利福尼亚的洛杉矶盆地、文士腊盆地的一些油田,科罗拉多的坦维尔油田等,其储层都是第三纪浊积砂岩体。油田的延展方向、分布范围、岩性和物性变化、储量和产量的大小,都受浊流的沉积条件和浊积砂岩体所控制。国外一些勘探公司正在冲破某些旧概念的束缚,把找油找气扩展到陆架海槽和湖盆中部的最深部位,勘探和开发浊积砂岩体的油气藏。

我国浊积砂岩体分布广泛,类型繁多,在所谓构造—沉积作用中,常把浊积砂岩体与不同伴生岩系的组合反映不同的大地构造环境作为地壳活动带的产物。随着石油普查的深入发展,浊积砂岩体的含油气性也逐步被人们所认识。按照浊积砂岩体的沉积构造特征和分布特征,可将我国浊积砂岩体划分为三种不同的浊流沉积区。显然,这些不同

# 从石油地质科研动态谈谈 我国石油普查勘探前景

## ——笔谈会文章

编者按：我国油气普查勘探工作已进入了一个新的发展阶段。为了推进找油找气工作的深入发展，以期在新的地区、领域、类型和深度方面能有所突破。本刊编辑部特举办了一次“从石油地质科研动态谈谈我国石油普查勘探前景”的笔谈会。参加笔谈会的同志从石油地质分支学科和不同的侧面，讨论了我国石油普查勘探前景。有的谈了今后找油找气方向；有的讨论了某些科研问题；有的从经济地质的角度讨论了非常规油气资源的研究和勘探问题。显然这些意见正确与否，只有通过大量的地质找矿的实践来检验。但从集思广益、理论联系实际开展学术讨论来说，文章都能各抒己见，不拘一格，既提出了问题，也提出了解决问题的方向和办法。

我们觉得这种“笔谈会”的方式是可取的，但是由于时间仓促，这次只是就近就地组织的，参加的人不多，面也不广。因此打算在今年第四期期刊中仍围绕这一总题目开展笔谈会。欢迎广大读者踊跃参加，特别欢迎中、青年石油地质科技工作者，能对全国或所在地区有关找油找气的方向和方法问题发表意见。来稿形式不拘，但力求精辟简练。

### 谈谈克拉通边缘油气前景

据M.T.哈尔鲍特1979年的统计，在全世界已发现的1630亿吨石油储量中，就盆地而言，这些储量全部集中在总数为600个盆地中的160个盆地内，而其中含有14亿吨以上储量的盆地，仅有25个，占总发现量的86%。中东一个盆地就占有总发现量的40%。盆地是油气普查勘探的基本单元。为什么有些盆地含油气特别丰富，为什么另一些盆地如此贫？因而引起国内外学者对盆地研究的重视和关注，特别六十年代后期，盆地分类成为估算油气资源的基础，盆地的类比和划分更有长足的进展（朱夏1980年）。

在以地壳性质来划分盆地的大量著作中，马可罗森（R.C.Mccrossan 1973）从产率<sup>1)</sup>分析出发，并为资源评价服务的盆地分类方案值得特别注意。他以加拿大为例，以

1)产率可理解为单位体积产生油气的机率，亦可称作体积系数。不同作者也常以面积为单位，称作面积系数。