

## 院士访谈

## 中国海相油气地质勘探与研究

## ——访李德生院士



李德生, 1922年生, 江苏苏州人。中国科学院院士, 第三世界科学院院士。1945年毕业于中央大学地质系。主要从事石油勘探、开发和地质研究工作。曾在玉门、台湾、大庆、胜利、四川、大港和任丘等油气田从事勘探开发等生产实践工作。1978年以后任中国石油天然气集团公司北京石油勘探开发研究院总地质师, 教授级高级工程师, 博士生导师。他曾获国家自然科学奖一等奖一项, 国家科学技术进步奖特等奖两项, 美国石油地质家协会(AAPG)授予他石油地质学杰出成就奖章。他在国内外地球科学刊物上发表100余篇论文。出版中文专著7部, 英文专著2部。为国家培养了二十余名硕士、博士和博士后研究生。

采访时间: 2005年3月31日

采访地点: 中国石油勘探开发研究院李德生院士办公室

采访人: 金顺爱, 《海相油气地质》编辑、高级工程师, 以下简称“编”

被采访人: 李德生, 中国科学院资深院士、第三世界科学院院士, 以下简称“李”

**编:** 您看了我们《海相油气地质》的最新一期?

**李:** 看过了, 我是你们杂志的老读者。

**编:** 就中国海相油气前景, 现存在着两种看法, 有的对中国海相油气勘探非常乐观, 有的则觉得中国的海相不应该很乐观。

我们想借访谈这个平台, 充分交流一下各种观点, 以此促进和发展中国的海相油气勘探。我想我们这个杂志有这个任务。

**李:** 您列的几个问题, 我想归并为四个问题来谈, 第一个是国内海相油气勘探的新进展; 第二个是中国海相油气地质研究程度; 第三, 海相油气地质研究的关键问题; 第四是资源量问题。

## 1 近期国内海相油气勘探的新进展

**编:** 您对我国含油气盆地和油气藏的分布情况了如指掌。我知道塔里木盆地、四川盆地、鄂尔多斯盆地海相地层都找到了油气, 那么近期海相油气勘探有哪些新进展?

**李:** 无论是四川盆地、鄂尔多斯盆地还是塔里木盆地, 近期油气勘探都有比较大的进展。由于我们的海相盆地有它的特点: 这几个克拉通盆地都是叠合盆地, 上面是陆相, 下面是海相, 所以, 我们的技术力量小的时候, 国家实力比较弱的时候, 我们先搞上面。现在我们技术力量比较强了, 地震也过关了, 钻井也过关了, 海相油气不断有新突破, 这是很自

然的事情。

从四川盆地来讲,三叠系、二叠系、石炭系、震旦系都发现了比较丰富的天然气,三叠系包括原来的雷口坡组、嘉陵江组和最近发现比较大的飞仙关组。三叠系底下是二叠系,阳新统、茅口组都发现了气田。然后搞川东石炭系。震旦系有个比较特殊的情况,它有一个大构造,很大的威远构造,发现得比较早。

四川盆地现在探明 114 个气田,其中中国石油集团所属的有 106 个,海相找到了 94 个,陆相的有 12 个。中国石化集团所属的有 8 个,主要是陆相的。去年中国石油的天然气产量已经超过 100 亿方了。加上中国石化集团的 16.5 亿方,四川天然气的产量已经有 116.5 亿方了。四川盆地其持续发展的前景已较为明朗。探明储量已经将近 1 万亿方,可采储量也有 6400 多亿方。

这几年比较大的发展在飞仙关组,三叠系下统飞仙关组鲹滩的白云岩中有很大的发现。原来我们找到了三个气田,一个渡口河,一个罗家寨,一个铁山坡,都是 500 亿方级的探明储量,或者不到 500 亿方。而中国石化集团,在铁山坡的旁边,也就是在西南方向延伸的地方找到了普光气田,三口井探明储量超过 1000 亿方了。

这是四川盆地首个超千亿方的气田,他们找到了很厚的鲹滩白云岩储层。渡口河、罗家寨一般是 30 米到 60 米厚的储层。而这个普光呢,找到了 300 米厚的储层,再加上井比较深,5000 到 6000 米,压力很高,所以 27 平方千米面积算出来的储量是 1143 亿方。这是四川到现在为止最大的气田。

鄂尔多斯盆地,我们在靖边打了陕参 1 井,打开了奥陶系的风化壳,这是海相的,发现了靖边大气田。靖边气田已经探明的面积有 5863 平方千米,探明的地质储量 5417 亿方。现在北京的供气、西安的供气、榆林的供气,还有银川的供气,要靠它。靖边海相奥陶系的风化壳不厚,平均 46 米。它的面积大,但单位面积的储量、丰度比较低,压力也比较低,它是常压,还有些是低压,地层压力低于水柱压力,这样天然气储量算出来不是很高。不像塔里木的克拉 2、四川的普光,都是高压。高压的算出来储量很大,因为天然气可以压缩的嘛,压力越高,它算出的储量越大。

塔里木盆地是我们国家最大的沉积盆地。海相的烃源岩主要是寒武系、奥陶系,另外有一部分是石

炭系,这都是海相的。上面是陆相的东西,它的储层主要是下奥陶统的碳酸盐岩,还有石炭系的砂岩与碳酸盐岩。1992 年发现塔中 4 油田,后来发现了哈得 4 油田。之后 1996 年比较重大的发现是塔河油田。今年根据康玉柱教授宣布的数字,探明储量为 5.5 亿吨,它已经超过任丘油田(探明储量 4 亿吨)。康玉柱预测,这个油田三级储量可达 11 亿吨。塔河油田 2004 年采油量 335 万吨,准备建一个年产 1 千万吨的大油田。

二十年前,我们谁也没有想到今天海相油气有这样很活跃的勘探场面。二十年前我们只有四川盆地,其它盆地都没有打开。

编:那么十年以前想没想象过?

李:十年以前,靖边气田已发现了。塔里木的塔中 4 油田也开发了。十年以前虽然塔河还没有定形,但是我们上轮南隆起还是很早的,1988 年轮南 1 井奥陶系出油了。轮南 2 井出油了,奥陶系也是高产。后在轮南的鞍部打了一口轮南 8 井,先出油,一个月后出水了,对奥陶系的勘探就停顿了下来。实际上整个轮南隆起,它的面积在 2000 多平方千米,一口井的出水不能否定整个隆起。应该轮南 1、轮南 2 以后坚持区域勘探,塔河油田也不至于到 1996 年才发现。

编:现在我们的钻井技术是没啥问题了?

李:5000 米的井,一年可以打两口。还有很重要的一点,压裂酸化技术我们掌握了。因为这些碳酸盐岩,必须每一口井都处理。由于钻井过程中的泥浆会把那些缝洞堵上,所以完井的时候油气产量很少,甚至不出东西,但是,一酸化压裂以后,把缝洞系统打开了,马上就有高产油气流出来。这种技术我们已经掌握了。地震、钻井、储层解释的技术掌握了。我们现在还有成像测井,一口井打完了,裂缝的规律清清楚楚,哪儿有缝,哪儿有洞,成像测井剖面一看,很清楚。所以,现在海相地层的油气勘探成功率比较高。

## 2 中国海相石油地质研究程度

编:从总体上来讲,我们中国海相领域的研究处在什么程度?

李:实际上,中国的天然气勘探,海相早于陆相。我们在陆相油气勘探打的第一口井——1907 年延长油矿延 1 井,是上三叠统延长组的砂岩出油。那

是清朝光绪三十三年。那个时候清朝要振兴洋务，他们引进了日本的技师用顿钻钻井，在延长城西河之沟口油苗 70 米的地方定了一个井位，打了一口井，延 1 井。打到 68.9 米，出油了。去年我还到延 1 井去看了一下，在近百年开采时间内，逐步加深到 152 米。现在一天还出 0.5 吨油。

但是，我们搞海相比它更早。在四川的自流井气田，1835 年兴海井打开了三叠系嘉陵江组灰岩第五段气层。1840 年，那还是清朝中期，顿钻可以钻到 1200 米，叫磨子井，打开了嘉陵江组三段。结果，碰到好的储层，井喷了，失火了，因为当时没有防喷装置。火熄灭了，这个井一天还能产天然气几十万方。这是当时自流井气田最高产的气井。1840 年，磨子井打开了嘉陵江组三段海相地层，因此我国真正的海相找油找气开始于四川。这比美国 1859 年在东部宾夕法尼亚州用顿钻打的第一口油井（井深 21 米，日产油 3~5 吨）还早。

**编：**现在四川盆地的天然气产量在全国还是第一位？

**李：**是，现在还是第一位，它去年产气量是 116.5 亿方。从今年来讲，鄂尔多斯、塔里木，还是赶不上它。去年长庆出了 60 亿方，塔里木呢，因为西气东输的管线刚铺好，克拉 2 气田还没有发挥它的最高生产能力。

实际上四川盆地跟鄂尔多斯盆地一样，上面陆相地层产油，下面海相地层产气。在总结海相油气研究方面，四川的同志做了大量的工作。大概总结得比较早的是 1988 年包茨写的《天然气地质学》。它第一次认识到，成熟度比较高，储层比较致密，靠缝洞才能出气，这些海相的主要是裂解气，他是第一次提出裂解气的概念。

那个时候认识到四川主要的海相烃源岩有两套：一套是下寒武统的黑色页岩、石牌页岩，它的有机质含量比较高，还有一套，志留系，也是大套页岩，它的有机质含量也比较高。这两套是四川的主要烃源岩。它们在高成熟和过成熟岩性阶段，都转化成为油型的裂解气。

然后，包茨还总结了四川的煤成气，因为二叠系上统是龙潭煤系。煤系地层有可能形成煤成气。四川的气是混源的，多源的，有些气藏呢，以海相为主，有些气藏呢，以陆相为主，还有些气藏呢，以混源为主。

盆地的构造运动比较复杂，经历了加里东运动，海西运动，印支运动，地层变动比较多，所以有很多混源气。这是包茨在油气地质理论上很大的提高。在高成熟或过成熟的地区油可以转化成气，并可以保留在适当的圈闭内。

后来，石炭系发现以后，那是 1997 年，川东石炭系已勘探出一个很大场面，所以四川的胡光灿和谢姚祥又出了一本书，叫《中国四川东部高陡构造石炭系气田》，这本书也是比较精彩的，内容很丰富。它总结了通过山地地震技术解释高陡构造的地震模型。四川石炭系能够顺利打开，归功于山地地震。卧龙河不是上得很早嘛，但打到深部，二叠系还可以，打到石炭系的时候，地面构造和地下构造完全不符。那么，没有山地地震过关，我们就不可能发现这么多石炭系气藏。

**编：**四川勘探能够突破和技术的进步有着密切的关系。

**李：**是，一个山地地震，一个储层识别。四川在石炭系的岩相古地理研究方面也花了很大的力气。石炭系残留的厚度没有多厚，就是几十米，把石炭系残留厚度能够恢复起来，能够把等厚图划出来，哪儿厚，哪儿薄，然后把构造搞清楚，这个地方钻下去应该有多厚的储层，有多大的产量，事先能够预测，所以成功率就很高。那本书，总结了山地地震的识别技术，山地地震的地震模型，还解决了石炭系储层沉积古地理，研究了孔隙结构。因为是角砾白云岩，当时的沉积环境也是比较复杂的。他们能够把的残留厚度预测出来。这对于四川海相领域的研究，对石炭系气藏的勘探起到了很重要的指导作用。并较早认识到下志留统烃源岩向石炭系储层内的运移，并在各类圈闭聚集，形成石炭系天然气气藏。四川盆地天然气年产气量能上到 100 亿方，靠的是开发石炭系气藏。

三叠系，我们现在搞飞仙关组了。四川有位女地质家叫王一刚，她的课题是专门研究飞仙关组的。她有个崭新的观点，认为鲕滩的沉积是有一定规律的，它并不是到处都有。她找到了梁平—开江的海槽，这个海槽，经过西北的旺花、巴中一直到开江，是北西南东走向的海槽。她认为，沉积的时候海槽的两侧有很多鲕滩分布的范围。后来地震的精度也提高了，地震碰到鲕滩有亮点。她根据这个亮点，根据这个鲕滩，圈出了几十个有利的圈闭。这就指导了我们鲕滩

灰岩的勘探工作,后来成功率比较高。所以,渡口河之后,发现了罗家寨,又发现了铁山坡。接着,中国石化集团又发现了普光、毛坝和通南巴。其储量规模已经和石炭系气藏并驾齐驱。

还有个问题是震旦系的气藏,威远气田是震旦系的气藏,这么古老的气藏,经过了这么多期次的构造运动,它还保存有400亿方的储量。震旦系的气有个特点,氮的含量较高,另外还有氦、氩。它是干气藏,主要是甲烷。有位天然气地质家王先彬,他认为这些氮、氩的来源是深部上来的,是无机成因,从地幔上来的。这跟海相的气不一样,所以天然气地球化学专家认为,威远气藏是有机跟无机混源的气藏。

**编:**四川天然气的理论很丰富。

**李:**是的,四川盆地天然气类型很丰富,有裂解气,有煤成气,有深部上来的气,有混源气,有浅层的次生气,丰富多彩。

接着,我们讲华北任丘油田的发现。像任丘油田,在国外也会把它划到海相的,因为它是中元古界蓟县雾迷山组的白云岩。这套白云岩完全是海相的,储集层是这套地层。1975年找到了任丘油田,在我们中国石油地质史上应该大写一笔。这是个高产油藏,一口任4井钻开了雾迷山组后,开始产量100吨,酸化以后1000吨。后又打开了四个潜山山头,每口预探井,单井产量都是1000~3000吨。

到目前为止,任丘油田共采出了1.2亿吨的油。任丘油田古潜山发现了以后,我们在上世纪70年代,在其它盆地也搞古潜山,西北克拉玛依石炭系、玉门鸭儿峡志留系也是古潜山出油。渤海湾盆地,在冀中、辽河、大港、胜利,一共找到了60多个潜山油气藏,大大小小的还是任丘油田,4亿吨地质储量。其次是东胜堡—静安堡油田,1.8亿吨地质储量。千米桥是358亿方的天然气,1000万吨的凝析油,埕岛油田潜山规模也不小。

潜山油气藏的勘探,可能会在我们中国油气藏勘探中占一定的分量。中国的大陆是比较古老的大陆,老地层,在某个时期暴露出水面,它受到喀斯特的作用,形成一个风化带。严格地讲起来,像靖边的奥陶系风化壳也是潜山型的。

通过几十年潜山油田的勘探开发,特别是经过任丘油田,大家的思路有很大的开放。华北油田范泰雍等写了一本书叫《潜山油气藏》,它总结了潜山油

气藏形成的几个条件。一个圈闭条件,断块山一边上升,一边下降,上升的部分剥蚀掉,要找大的潜山,就要找大的断块,大的起落;另外一个条件是油源条件,这本书提出来新生古储的理论,因为在原油里面有第三系的孢粉,通过第三系的凹陷运移过来的,通过断层运移过来的;另外它也提出了油气富集的条件,靠碳酸盐岩风化壳的溶洞、孔洞,多期的裂缝系统,它有三组裂缝系统,所经历的构造运动多。每一期的构造运动都形成新的油气富集断块山,这三组裂缝系统,把白云岩切割得密密麻麻,除了洞,很重要的还有缝,缝洞系统连通性很好。

另外,任丘的地质家还有新的理论,任丘油田有两个地球化学家,一个叫唐皆廷,一个叫孙世松。他们在1983年《古潜山》杂志发表了一篇文章,叫《任丘雾迷山组油藏碳酸盐岩生油问题初探》。他们有地球化学分析数据,认为主要有两种油源。一种是第三系的陆相油源,还有一种是雾迷山组自生的海相油源。干酪根鉴定,它是腐泥型的,和其它原油不一样,环烷烃的含量比较高,认为这油是海相的低等生物提供的,比如蓝藻、绿藻、细菌等生物提供的。这又给我们提出了一个问题,我们中国的老地层震旦系还是有勘探价值,因为这套东西没有变质。石油大学的郝石生教授和张一伟教授也有相同的观点,郝石生1982年调查了燕山平泉县双洞背斜,中元古界铁岭组碳酸盐岩晶洞内,目前还保存有大量自生自储的液体原油。计算其残留海相油量为671~761万吨每平方千米。张一伟调查宣化下花园口地面露头,发现在下马岭组页岩内有大量沥青团块,是源岩。

第三个讲鄂尔多斯,找到一个大气田——靖边大气田,天然气储量很丰富,对它的烃源岩的研究,有两种不同认识。奥陶系上面盖的是中石炭统的一套煤系地层。所以戴金星等认为,靖边气田海相奥陶系风化壳的气有可能是煤成气,往下灌下去的。但是长庆的同志不同意这个看法。长庆的杨俊杰写了一本书,《鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律》,其中有一章谈陕甘宁盆地地下古生界天然气的发现,认为这个气是来自平凉页岩,中、上奥陶统的海相页岩是烃源岩。也有人认为是二元的,奥陶系自己生一部分,石炭系煤系供一部分。这是鄂尔多斯盆地研究工作的进展。

第四,塔里木盆地,也是下了很大的力气的,“八五”、“九五”、“十五”都有国家级的攻关项目。海相在

勘探上最重大的发现是塔河油田，还有一个是石炭系的一些油田，塔中隆起带上一系列油气田，还有东河塘，哈得 4。对塔里木的油源的研究，在“八五”期间，黄第藩他们承担了这个课题，那时塔河油田还没有发现，他们认为，寒武系、奥陶系是主力烃源岩。这是“八五”攻关成果。

到了“九五”的时候有了新的观点，梁狄刚认为中、上奥陶统是主力烃源岩，那是一套黑色岩系，大概它的年龄在 435~465 百万年。成熟度比较低， $R_o$  正处在 0.8%~1.3%。认为比较有利的地区是满加尔凹陷的南部、塔中中央隆起带的斜坡部位，比较发育中、上奥陶统的沉积，这套地层可能是主要的烃源岩。

**编：**这套烃源的确认，现在大家比较公认，是吗？

**李：**塔河油田发现后，研究进展比较快，认识也统一了，对裂缝性油藏怎么认识，它们的产量很悬殊，有的高产，一直是高产，有的先高产后低产，也有个别干井。新星石油公司的一些地质家，像张抗，1999 年发表了一篇文章《塔河油田的发现及其地质意义》，他认为奥陶系顶面的风化壳，经历了比较长时间的风化剥蚀作用，缝洞系统比较发育，原来我们的认识是表面的 50 米或 100 米，缝洞比较发育。现在更深的部位，6000 米左右，也有含油的缝洞系统。

2002 年戚厚发等人写了一部书《塔里木北部碳酸盐岩油气田》，介绍了三维精细的地质模型，能够事先预测裂缝哪儿比较发育，也研究它的供水流系，从它的供水流系确定它裂缝分布的范围，建立了缝洞储集层的地震模型。

**编：**我国东部和南部地处西太平洋边缘海域，海相地层有广泛分布，试问前景如何？

**李：**中—新生代以来，太平洋板块、印澳板块与欧亚大陆板块运动相互作用的结果，形成了我国东南沿海大陆架一系列裂谷盆地、陆缘盆地和南海边缘海盆地。新生代海侵范围由南向北逐渐扩大，中新世南海、珠江口、莺歌海、北部湾和东海均以海相沉积为主。而黄海及渤海到第四纪才变为海相沉积。莺歌海盆地，海相沉积厚达 3000~8000 米，珠江口盆地，海相沉积厚度也有 2000~3000 米。有一个大油田，叫流花 11-1，是中新世的生物礁。就是东沙隆起上面沉积了一套中新世的礁，这个礁里面有很丰富的油藏。上世纪 80—90 年代，湛江西部公司的一位

老地质家曾鼎乾先生对南海大陆架生物礁有详细的研究，经他圈定的第三纪生物礁圈闭就有几十个，这是南海大陆架很重要的勘探领域。

**编：**南海流花 11-1 油田是什么时候找到的？规模有多大？

**李：**是 1987 年找到的，在阿莫科石油公司合作区内，海水深 300 米，打开中新统珠江组生物礁，获得高产油流。探明的面积有 36.3 平方千米，探明的地质储量 1.5 亿吨。最高的年产量达到过 300 万吨，现在还保持 100 万吨，累积的采油量是 1096 万吨，是海上大陆架上很重要的一个油田。1997 年出了一本书，是龚再升主编写的《中国近海大油田》，总结的流花 11-1 油田的特点有两条。第一条，这个油田与陆相不同，陆相的油源都是短距离运移的，10 千米、20 千米，这个油田是长距离运移的，他认为如果有良好的输导层，油气可以长距离地侧向运移，可以超过 100 千米。这个油都是从惠州凹陷、珠二凹陷，通过比较好的输导层运移到东沙隆起上，运移到礁灰岩里面储集起来的。他们还找出了运移的通道，叫构造脊。有这个脊，油运移到那里，发现一个就是一大串，所以东沙隆起，不只一个流花 11-1，还有流花 11-2，流花 11-3，流花 11-4，惠州 33-1，有好几个这样的生物礁油田。第二条就是油气通过构造脊从生油凹陷向隆起供油。

总的来讲，我们中国的地质条件丰富多彩，也很复杂。你看，克拉通里面震旦系、古生界、中生界的海相地层，一直到近海第三系的裂谷盆地和陆缘盆地。都有海相油气田。我们对海相油气地质，也做了不少富有成效的研究工作，也有一定的创新能力，但是归根结底，我认为我们当前实践得还少。

到目前为止我国共打了 20 万口井，生产井、探井全部加起来的，其中海相井总数不到 5000 口。陆相比较浅，好搞，所以打的井比较多。像大庆油田，就打了 2 万口生产井，1 万口注水井。胜利 50 多个油田也打了 3 万口的井。延长和长庆也打了 2 万口生产井。浅的先搞嘛。海相难度大些，工作量就比较少。四川盆地总共才打了 2 千多口探井和生产井。因为实践得少，所以我们对海相地层的研究深度、广度，都没有陆相的深入。我是相信这一条，理论来自实践，反过来又指导实践，总结规律后会找出更多的油气田。为什么美国的海相油气田多，采油多，而陆相的少？他们

在海相中实践得多,他们从第一口井到现在共打了260万口井,他们在海相油气领域的实践比我们多得多。

**编:** 他们的海相地层,也像我们的那样深吗?

**李:** 他们的浅。因为海水退出去比较晚,所以美国很多中—新生代的地质都是海相的,最后留下个墨西哥湾,是海相的。有一本很有名的书,1994年出版的,是 L. B. Magoon 和 W. G. Dow 两个人写的,叫《从源岩到圈闭》。它对含油气系统进行总结,里面有18个实例,17个是海相的,只有1个是陆相的。

**编:** 美国基本都是海相的,那能不能说,他们陆相贫油?

**李:** 最近他们也受到中国、东南亚、印度尼西亚陆相找油气的影响,他们现在也加强陆相地层的研究工作。1995年10月,AAPG在我国胜利油田召开“中国、东南亚湖相盆地油气勘探国际学术讨论会”,由德士古石油公司的Katz和胜利油田的刘兴材共同主持,几十家外国石油公司和研究单位都派专家前来参加,说明他们也重视陆相找油了。

### 3 海相油气地质研究的关键问题

**编:** 您在一篇文章中提过,研究海相烃源岩要把主要精力放在黑色岩系上,不要放在生烃指标很低的碳酸盐岩上。为什么这么提,根据什么提这个观点?海相地层研究的关键在哪里?

**李:** 这是关于研究的方向问题,是理论问题。我觉得陆相与海相的最大差别就是海相的含油气盆地研究,原型盆地的恢复是一项最基本的工作。现在我们的四川盆地、鄂尔多斯盆地、塔里木盆地、珠江口盆地的范围,仅仅是燕山期、喜马拉雅期构造活动的产物。原来古地理面貌怎么样?每一套海相地层沉积后都会有变化的。它们与原来的会有很大的差别。

现在地球上海的面积比陆地要大得多,海占地球的71%,陆地是29%。而越往古推算的话,海洋的面积更大,陆地是在慢慢地增生,火山喷发,地下的物质上来了,增加了陆地面积。大陆的边缘也在增生,因为风化剥蚀下来的泥沙都往海里面填。现在五大洲,过去就是一大块。所以我们搞海相的沉积一定要牢牢记住这一点。在活动论基础上,必须一层一层地恢复它的地质的原貌。我们石油领域搞岩相古地

理的同志,大概没有把功夫下在这方面,所以你看,所有的出版物,谈到沉积相、沉积面貌的时候,用的还是现在的地理位置作的图。

那么,为什么海相在研究方法和思路跟陆相不一样呢?陆相很简单,一个凹陷,一个洼子,四周是山,物源近。生油的中心就是沉积的中心。哪里深,哪里浅,深的地方烃源岩沉积得多一些,厚一些。盆地的中心也就是沉积的中心。可海相并不是这样子,沉降中心并不是沉积中心,沉积中心也不是生烃中心,这是与陆相的凹陷截然不同的沉积条件。

那么,为什么在海相烃源岩的研究上要把主要精力放在黑色岩系上,不放在碳酸盐岩剖面上呢?显然,碳酸盐岩的生烃指标都很低,在比较早的阶段呢,我们把TOC的指标放到0.2%,后来呢,连这个指标也很难达到,所以郝石生又把它改了,改为0.1%,这样生油指标还是很低的。但是同样的碳酸盐岩剖面里有很多的黑色岩系,它的TOC的指标就高得多了。

四川的一套下寒武统的黑色页岩生油岩,我们叫石牌页岩,毫无疑问,是很优质的生油岩。1965年我到长江三峡看剖面的时候,投宿过石牌村,早上从石牌页岩上走到长江边去,它里面夹杂着薄层的白云岩,用榔头一打,晶洞里面有液态原油,它是包裹在晶洞里面的。这套生油岩系,厚度大概有100~200米,我们采样后,有机碳的含量可以高到5%。而下面的一套灯影组白云岩,就是碳酸盐岩的有机碳含量只有0.13%。另外还有一套重要的烃源岩,是下志留统龙马溪组和小河坝组页岩,这套黑色页岩厚度600多米,海相的,里面富含笔石,它是腐泥质的,有机碳的含量平均1.1%,高的有4.88%。上面的灰岩里面没有这么高的有机碳,都是零点几。这个例子说明,我们为什么要研究黑色岩系。

美国地质调查所一位女地质家叫Judith Parish,有一篇文章发表在1982年的《AAPG Bulletin》上,《Upwelling and Petroleum source beds,with reference of Paleozoic》这篇文章很有意思,它是讲黑色岩系的成因,黑色岩系是在什么样的古海洋的条件下沉积下来,形成生油中心。而这个黑色岩系呢,离储集岩系很远,储集岩系一般都是碳酸盐岩,在浅海台地沉积下来的,黑色岩系在较深海下沉积。她完全是从生油的角度研究黑色岩系的。第一部分讲的是烃源岩的分布,第二部分讲到古气候学的模式,然后讲

大气环流,再讲到地球表面洋流带的循环,因为海水是连成一体的,整个的洋流分布是有规律的,低纬度往什么方向流,中纬度往什么方向流,到了高纬度往什么地方流。周而复始,跟着地球的自转,每个阶段都会不一样。这与古气候学又有密切的关系,古气候学影响了古洋流。这些洋流季节性地变化,冬季跟夏季不一样,春季跟秋季不一样。然后讲上升流影响到洋流,讲上升流的几种模式跟风、浪有什么关系。还计算海水里生物群的丰度,因为生物群的丰度决定了生油岩的丰度。她以北美洲为主体,哪个地方是高地,哪个地方是低地,哪个地方是边缘海,哪个地方是上升洋流,哪个地方沉积了生油岩,哪个地方是有机物很丰富的页岩。根据一个点一个点的数据。她都用计算机进行处理。生油的源岩,生气的源岩,还有有机物很丰富的页岩,三个加起来总结。整个古生界上寒武统、奥陶系、志留系、下泥盆统、上泥盆统、下石炭统、上石炭统、二叠系,分层恢复了古地理的原貌,标出了海相生油岩系形成的控制因素。

现在,我们国内的地质家也注意到黑色岩系的研究,联系到生油岩,特别是梁狄刚的一篇文章,他研究了塔中隆起带,他认为塔中隆起带主要生油岩系是中、上奥陶统,就是那套黑色岩系。这篇文章是1998年、1999年分期在《勘探家》杂志上刊登的,文章题目叫《塔里木盆地九年来油气的历程与回顾》。他总的观点就是要大家注意整个塔中隆起带的这套黑色岩系,不是过去笼统讲的寒武系到奥陶系。他具体提出是中、上奥陶统。

**编:**碳酸盐岩的生油丰度很低,那么碳酸盐岩的研究价值有多大?

**李:**它主要是储集岩,油和气都是从储集岩内采出来的。作为储层地质学,应该好好下功夫研究。古生界的碳酸盐岩储集岩,不论是四川盆地、鄂尔多斯盆地,还是塔里木盆地,拿它的基质孔隙度来分析都只有2%~4%。而油气田要高产,就一定要有一套缝洞比较发育的古风化壳,或经白云岩化,或有裂缝比较发育的裂缝系统。国外出版了很多碳酸盐岩储集岩和储层地质学的专著,他们研究的深度和广度,值得我们参考。此外我们要增加对海洋学的研究,对海洋沉积的近代地貌多作些实地考察。将今论古,是地学研究中重要的方法。

#### 4 资源量问题

**李:**所谓油气的资源量,它是理论数据,它是由实验室里样品分析的结果得出来的一些参数,或是作一些盆地模拟工作得出来的数据,它受资料的限制,打过井了就有数据,没有打过井的地方就没有数据;另外,还要受计算资源量的专家本人水平的影响;而重要的在于勘探程度的限制。这就是为什么我们研究院里出来的数据跟油田出来的数据不一样。因为各个油田为了自己勘探的需要,也在计算,算这个凹陷里有多少资源量,还有多大的潜力。而且好几个勘探程度比较高的凹陷里的数据是越算越多,而不是越算越少。济阳凹陷是这样,准噶尔盆地也是这样。鄂尔多斯盆地原来算的资源量很少,现在找到油越来越多了,就赶紧把资源量调整过来。这是理论数据,允许有不同的算法。

第一次全国油气资源评价的时间是1987年,全国油的资源量是787亿吨,天然气的资源量是33万亿方。1987年全国石油探明储量为132亿吨,探明可采储量为41亿吨。天然气探明地质储量为4717亿方,探明可采储量为2735亿方。

到了1994年,第二次全国油气资源评价,得到的油的资源量数据是940亿吨,天然气也多了,38万亿方。1994年全国石油探明地质储量为170亿吨,探明可采储量为49亿吨。天然气探明地质储量为1.2万亿方,探明可采储量7279亿立方米。

第三次全国油气资源评价现在还没有完,一个阶段一个阶段地发表数据。大概第一个发表数据的是2002年翟光明院士在《新疆石油地质》23卷第四期发表的,全国石油资源量是1千亿吨,天然气资源量55万亿方。但是第三次全国油气资源评价正式报告始终没有公布。现在国土资源部也在搞资源评价工作,它们的数字到现在还没有发表。2003年全国石油探明地质储量为234亿吨,探明可采储量为65亿吨。天然气探明地质储量为3.8万亿方,探明可采储量为2.4万亿方。

**编:**中国陆相勘探程度和开采程度很高了,以后中国的油气勘探是以陆相为主,还是以海相为主?

**李:**我们现在刚刚进入陆相、海相并重的阶段。陆相仍然是我们的主力,我们的主要油田还是陆相的。虽然我们在四川、鄂尔多斯、塔里木海相勘探上取得了很多的突破。我们现在石油产量的90%、天

然气产量的50%还是从陆相里来的。现在我们可以讲,勘探开发海相油气已经有一定基础了。

**编:**那么,我想请教您,今后油气地质的研究上我们能不能把更多的注意力放在海相地层上?

**李:**不一定。陆相的含油气盆地还有很大的潜力。资源评价数据中,还有大量陆相盆地的资源量尚未转化成探明储量。所以我说,现阶段我们刚进入陆相、海相并重的阶段。勘探力量和科研力量不能削弱陆相油气的力量,但又要逐步加强海相油气的力量。

**编:**我再请教一个问题。中国南方基本上古生代地层暴露严重,构造运动活跃,在这种情况下还有多少研究的价值呢?有的人说,南方没戏。

**李:**我们搞科学的人,要多学一些“两点论”,不要把它过于绝对化了。我总觉得我们对南方200多万平方千米、西藏100多万平方千米做的研究工作不够。拿南方来讲,我们实际上投入得很少,没有打几口井,而且在很长时间里是中断的,这不会有新的发现。我曾在南方跑过野外,我举两个例子。

1977年我到云南罗平,经过牛首山隆起。这个隆起核部是一套变质的元古宙地层,但它外围斜坡上古生界的剖面还是很全的。有一套泥盆纪地层叫华宁组,是碳酸盐岩,含贝壳、腕足类化石。公路穿过这套地层,能看到都是腕足类化石,用榔头一敲,腕足类体腔里都是油,是轻质原油。从南到北,华宁组油苗分布范围几十千米,但我们没有打一些浅井试一试,酸化一下,压裂一下,看一看有没有工业油流。

还有一个地方,是川东北城口,在大巴山里,寒武系灰岩晶洞内普遍含油。1965年四川开始找油会战时,我们特地用卡车将寒武系灰岩大块岩样搬回

威远红村,一敲开后晶洞内都是油。所以不能笼统地讲,都破坏了。南方的一大片,变质程度有些地方高一些,有些地方低一些。地震工作没有过关,质量不高,地下构造很不清楚。钻探工作打打停停,要锲而不舍地开展勘探工作。

西藏呢,更不用说了,那是无人区,做了一点很少量的遥感、地质调查和物探工作。新星公司在伦坡拉打出一点稠油,蒸气处理后也有点产量,是第三系小断陷。广大的羌塘盆地那套海相的三叠系、侏罗系、白垩系,我们工作做得很少。到现在我们没有打一口参数井。青藏铁路修通后,情况会有改变。

此外,珠江口盆地和南海海域的生物礁和深海扇也是很有前景的勘探领域。我们还没有在海水深度300米以下更深海域进行过油气勘探。而跨国石油公司在墨西哥湾、北海、西非和巴西海上勘探油气已达到海水深度2000米的领域。

因为我们实践得很少,有些都是空白区,真正实践得多了,得出的理论才是有价值的理论。我们石油地质是一门应用科学,它要与实践结合起来。

**编:**最后请你谈谈对我们《海相油气地质》有何期望?

**李:**第一,访谈是一种比较便捷的形式,希望访谈的对象广泛一些,不要仅限于院士。从四川自流井气田的老技师到过去几十年间对海相油气地质有研究的各部门专家,到现在活跃在研究岗位上的年轻地质家,都可成为你们采访的对象。第二,研究中国的海相油气地质,不仅要研究古生界,研究中生界,还要研究新生界,现在国内三大石油公司都在向海洋开展油气勘探工作。希望贵刊跟上发展形势。