

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

地质力学在中国石油普查勘探中的应用

石力群

中华人民共和国成立以来,在毛主席和中国共产党的领导下,在毛主席革命路线指引下,我国石油工人和地质工作者,认真看书学习,不断用马列主义、毛泽东思想武装自己,坚持以阶级斗争为纲,坚持独立自主、自力更生、艰苦奋斗的方针,以辩证唯物论这个锐利的思想武器作指导,以革命加拚命的精神建设祖国,冲破了帝国主义和社会帝国主义的封锁禁运,克服了重重困难,在短短的岁月里,一个个油区被查明落实,一个个油田被发现和开发,大量的事实粉碎了“中国贫油”的谬论。目前,我国石油地质事业和石油工业持续发展和跃进,雄辩地说明我国是一个油气资源十分丰富的国家。

地质力学是我国卓越科学家李四光教授首倡的一门新兴地质学科。建国以来,随着我国社会主义革命和社会主义建设的发展,我国地质力学工作者坚持为无产阶级政治服务,与生产实践相结合,与广大群众相结合,在我国石油普查勘探工作中,运用地质力学的理论和方法指导找油,卓著成效,作出了重要的贡献。解放以前,曾被视为贫油的中国,现已证实我国蕴藏着极其丰富的油气资源。

运用地质力学的理论去找矿,一个中心思想是,地壳中多种矿产资源的分布,主要是受构造体系控制。石油和天然气是呈流体状态的矿产,它们的生、移、聚、散具有自己的特点。但是,它们在地壳中的分布规律也和其它矿产一样,主要受构造体系的控制。

根据我国地质实际情况,现将解放以后运用地质力学找油理论的基本思想和主要内容,简介于后。

一、巨型、大型构造体系的复合控制含油远景区的生成和展布

李四光教授总结我国和东亚濒太平洋地区的地壳构造特点,把我国地质构造划分为:巨型纬向构造体系、经向构造体系、新华夏系构造体系、华夏系或华夏式构造体系以及扭动构造体系等五种大的构造类型。这些巨型构造体系,由于它们的互相干扰、互相穿插,复合在一起,奠定了中生代以来,我国地质构造的基本面貌,构成了我国各主要油区和中小含油气盆地的成生发展格局。其中,发育在我国东部陆地及海域的新华夏系与纬向、大型山字型等构造体系之间的复合关系尤为突出。

新华夏系,是中生代以来广泛发育在我国东部和东亚濒太平洋地区的一种巨型多字型构造体系。它的主体是由走向北北东—南南西的三对复式隆起折带和沉降折带所组成。其中,最东边一条隆起折带,就是由千岛群岛、日本群岛、琉球群岛、我国的台湾岛及吕宋、巴拉望和由东北到西南穿过加里曼丹岛的诸山脉所组成的强烈折带。这一隆起带以西,是与之相伴生的由鄂霍次克海、日本海、东海和南海所淹没的第一沉降折带。往西,又有第二隆起折带出现,由锡霍特山,斜贯朝鲜半岛的紧密折带和我国东南沿海武夷、戴

云诸褶皱山脉所组成。再向西是由黑龙江中下游平原、松辽平原、华北平原、华中平原和北部湾所组成的第二沉降折带;由大兴安岭、太行山脉和川黔湘鄂四省交界处诸山脉组成的第三隆起折带;由呼伦贝尔—巴音和硕盆地、陕甘宁盆地和四川盆地组成的第三沉降折带。这些隆起和沉降折带规模宏伟,幅员辽阔(图1)。

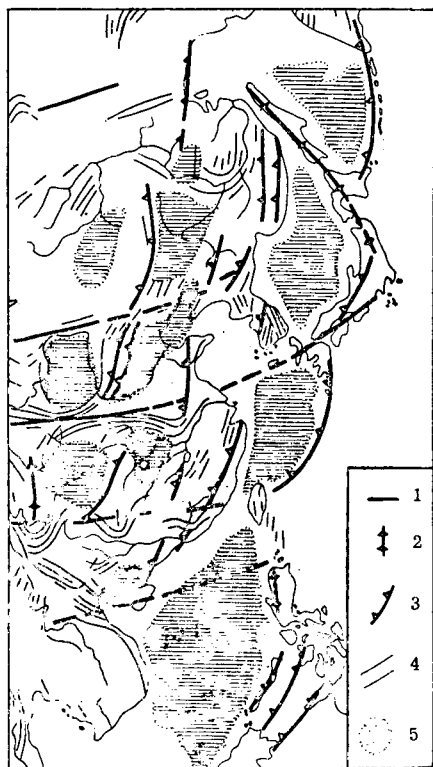


图1 亚洲东部构造体系略图

1. 纬向构造带 2. 经向构造带 3. 新华夏系隆起折带 4. 其它褶皱和压性或压扭性断裂带 5. 新华夏系沉降区

新华夏系各隆起折带与各纬向构造带相交接,构成了其成生的地质边界条件,而新华夏系各沉降折带与各纬向构造带之间的广大沉降地区相重迭,则控制了其成生和发展。致使这类地区具有“北北东成带,东西成行”的展布特点。

新华夏系和各纬向构造体系复合所控制的含油远景区,有时被大型山字型构造成分所环绕,使之与山字型前弧内侧或反射弧内侧的马蹄形盾地相复合,这种几个体系的负向构造部位重叠在一起,进一步加强了其成生的良好地质条件。

上述情况说明,中国中生代以来一些含油远景区的成生和展布,都与上述巨型、大型构造体系有密切的关系。尽管由于构造类型的多样性和它们之间复合关系的复杂性,决定了这类地区成生发展和展布具有不同特点。但是,它们的总体仍然显示出一定的规律。

二、主导的构造体系是控制含油远景成生发展的决定因素

几种构造体系的复合和相互影响,促进了含油远景的发展。由于各种构造体系作用的不平衡性,其中必有一种是主要的、起主导作用的构造体系。前述的新华夏系就是属这种主导的构造体系,

它控制着我国东部含油远景区和中小含油气盆地的成生发展及展布范围,使之具有显著的定向性、定带性和定时性。

(1) 新华夏系的各隆起折带和沉降折带具有成对共生、雁行排列的特点 各沉降折带均表现有长期发育和持续沉降的地质条件。例如,松辽沉降区白垩纪时的沉降速度达0.08毫米/年,华北和华中沉降区老第三纪时的沉降速度,分别达0.1毫米/年和0.12毫米/年。与之伴生的各隆起折带为沉降折带提供了丰富的物源,保证沉降区内堆积了巨厚的较新的沉积物,经历的构造变动不大,有利于造成良好的成油环境和使原始有机物质向石油转化的条件。这些沉降折带的部位是石油成生的主要场所,形成含油远景区。

(2) 隆起和沉降折带具有明显的不对称性 在正常情况下,其隆起折带一般是东翼较陡峻,西翼较平缓,而沉降折带则相反。因此,反映在各沉降区内的主体沉降部位,均靠近各拗折的陡翼深凹内,沉降中心与沉积中心基本一致,深凹陷与深水相带相吻合,形

成巨厚的以暗色岩系为主的成油地层组合,控制了生油区的展布和范围。

(3) 整个新华夏系的成生发展,具有明显的阶段性 表现在构造方向上,早期的构造成分,多迁就或依附早已产生的华夏系构造成分而成生,故主轴的方向偏东略大,呈北东走向;中、晚期构造,可能由于南北直扭运动的持续作用,又成生了一套新的构造形迹,与前期相比,其主轴方向呈北北东走向,北东 $18-25^{\circ}$,与折轴斜交及垂直的一套结构面都很发育。反映在沉积上,新华夏系三个沉降折带所沉积的物质,在时期上有显著的分带性,自西而东为:晚三迭世至侏罗纪,白垩纪至老第三纪,新第三纪和第四纪。这一变化特点与上述构造形迹的成生发展相呼应,清楚的反映了新华夏系成生发展的阶段性。实践证明,各沉降折带的主要发育时期,也就是其主要成油时期。这一变化规律,对寻找油气具有重要的指导意义。

(4) 新华夏系的各级构造体系具有显著的挨次控制作用 如果把属于巨型沉降折带的沉降区,如松辽平原,华北平原看作第一级构造体系的组成部分,那么,在沉降区内又可划分出第二级、第三级乃至更低级的构造体系。作为一级构造的沉降区。应是找油的独立构造单元,是含油远景区的所在;次一级或者再次一级构造,是由形成一级构造的构造运动导生出来的,往往控制着油气富集带,是寻找和发现油田的主要场所。这说明新华夏系第一级构造体系是控制含油远景区分布的,次一级、再次一级的构造体系是控制油田分布的。在一般情况下,新华夏系各级构造都表现为规模不等的多字型构造型式。但更有意义的是,在沉降区的主体沉降部位,由于局部地质边界条件的改变,常派生不同类型的旋扭构造,特别是带有旋涡的旋扭构造,既促成深凹陷发育良好,形成有利的生油中心、又控制油气富集的主要地带,因而是找油的重要对象。

以上事实说明,新华夏系构造体系的成生发展特点,是控制中国东部油气矿产形成和分布规律的决定性因素。因此,在一个多体系互相掺杂或互相干扰的地区开展找油工作,确定主导的构造体系,是选定油区和指导普查勘探的关键。

三、各类扭动构造型式与油气的移聚和分布的关系

我国多年找油实践表明,油气的移聚和分布与各种类型扭动构造型式紧密相关,特别是旋扭构造更为重要。

在一个油区中,每个油田的分布显示有一定的部位性。一些多字型构造控制的油田,表现为具有一定方向、等距离的雁行排列(图 2);一些入字型构造控制的油田,则分布于主干断裂一侧的分支构造(褶皱或压扭性分支断裂下盘)之中(图 3);另一些旋卷构造,如帚状构造、莲花状构造、S 形或反 S 形构造等所控制的油田,其分布也与各旋迴带呈相应的弯转,并在旋卷构造的内、中旋迴带中富集(图 4)。

上述情况表明,对于油气的分布来说,在属于同一构造型式相同部位的地区,虽然在沉积和构造条件上会有不同之点,但对油气分布的控制往往具有很大的一致性。如果在某种构造型式的某一构造里找到了油田,就有可能在同一构造型式的相应部位中找到石油。

扭动构造型式控制油气,另一个重要特点是,油田的油气移聚时期与控油的扭动构造的成生发展时期具有明显的一致性。

许多事实指出,旋卷构造在旋扭运动作用下,它们的旋涡部位迅速扩大范围,加剧沉

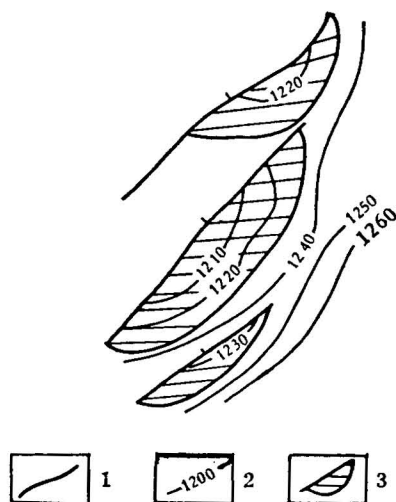


图2 多字型构造控油示意图
1. 断裂 2. 构造等高线 3. 含油范围

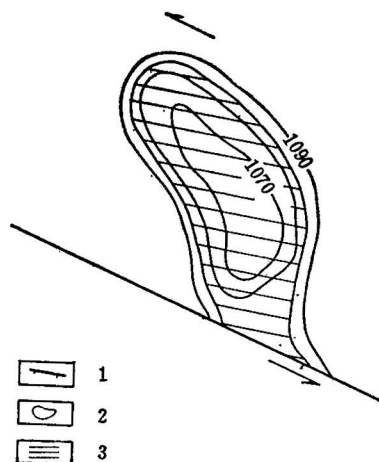


图3 入字型构造控油示意图
1. 断裂 2. 构造等高线 3. 含油范围

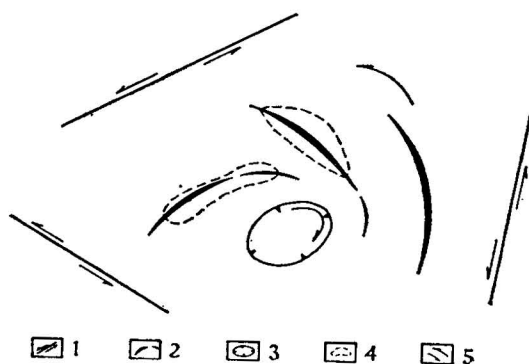


图4 旋转构造控油示意图
1. 断裂 2. 旋迴构造带 3. 旋渦 4. 油田范围
5. 旋扭方向

降幅度,沉积厚达数千米,成为良好的生油中心,而其外围环绕的旋迴构造带,正是适于油气移聚的天然场所,形成一系列的良好油田(图4)。这样就自然地把油气生成与移聚两个方面统一在同一个构造体系之中,这是油气从生成到移聚成油田的有利条件,也是旋转构造控油的突出特点。

以上事实说明,扭动构造对油气的移聚和分布有显著的控制作用。因此,在广大的生油地区分析地壳运动所造成的各类扭动构造体系,研究其特征、展布范围及发生发展过程,对寻找油气田极为重要。

四、不同性质断裂面的排列方式和成生发展影响着油气的移聚和油田的分布

分析一个油区的构造体系的特征,研究构造体系中的断裂的性质及其组合规律,对寻找油气具有重要意义。

实际工作表明,那些压性或压性兼扭性的断裂面及断裂带,挤压及剪切破碎现象显著。这类断裂常是分割油水的截然界限,即使断裂两盘均为砂岩接触,油水仍不串通(图5)。因而当具有良好油源时,它们阻挡油气的继续运移,使油气富集在断裂的下盘(图6),并且愈接近断裂,油气产量愈高,原油比重、粘度等降低(图7)。

另一些张性或张性兼扭性的断裂面,多具有良好的开启性,常成为油气移聚的通道,只能在其上盘的封闭性构造中形成油田;或者当它穿切过已有的油层,在其穿切的上覆层

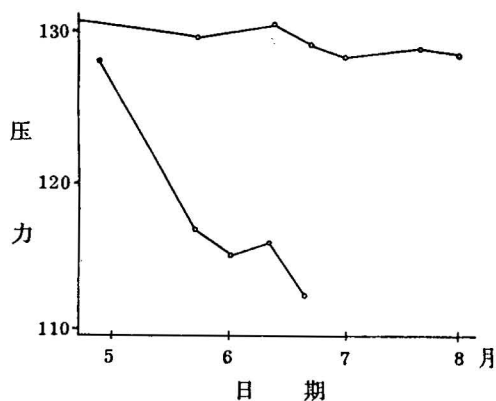


图 5 压扭性断裂两盘油井井底压力变化曲线示意图

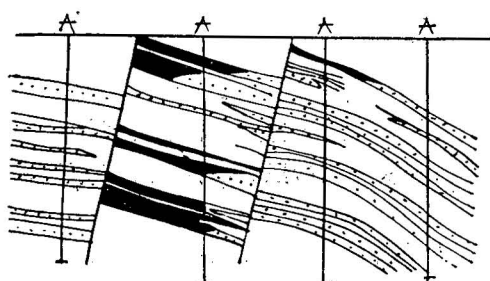


图 6 压扭性断裂控油示意剖面图

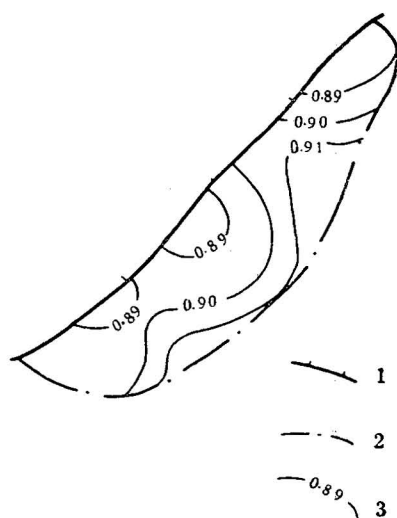


图 7 压扭性断裂附近原油比重变化示意图

1. 断裂 2. 油田范围 3. 原油比重

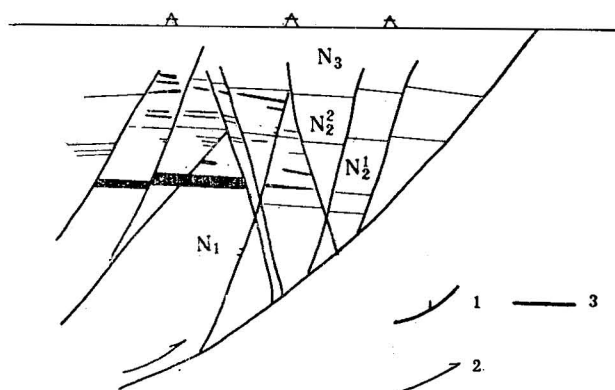


图 8 张性断裂与次生油藏关系示意剖面图

1. 断裂 2. 油气运移方向 3. 油藏

中,遇有良好封闭条件时,则可形成次生油藏(图 8)。这类断裂,近断裂面的油、气、水物理化学性质及开发中的动态反映,刚好同压性和压扭性断裂相反。

同一条断裂成生发展的不同阶段,常发生结构面力学性质的转化,呈现着较为复杂的情况。当它具压扭性的时候,对油气起明显的封闭作用,当它转化为张扭性时,则因明显的开启性而成为油气运移的通道,导致油气的再次运移,形成次生油藏。在找油工作中注

意研究破裂性结构面的力学性质及其转化是十分重要的。

由于每一条不同性质的断裂,都是某种构造体系的断裂系统的组成部分,因此,不同性质断裂的排列组合和成生发展,是从整体上影响着油气的移聚和油田的分布。它一方面导致构造体系控制油田的面貌复杂化,同时,也使油气按断裂系统呈有规律的分布。

当我们还没有认识到断裂的不同性质时,往往从表面看问题。有时害怕断裂,认为断裂对油田形成只起破坏作用;有时当发现有的油田就在一定的断裂附近,却又提出靠近断裂找油。用这种思想去指导油田勘探,常具有很大盲目性。只有正确认识断裂的不同性质,具体情况具体分析,才能多快好省地发现和探明油田。

五、地应力活动是驱使油气移聚的主要动力

运动是物质的存在方式。因此,上述各类扭动构造与油气关系的研究,仅是认识油气移聚规律的第一步,还要通过构造型式所反映的形变图象,去追索力的作用,追索运动的方式和地应力活动对油气移聚的影响和控制特点,找到两者的内在联系。这样,才能使我们的认识向前迈进一步。

自然界生成的石油,最初是点点滴滴混杂于泥砂之中,必须经过一定的自然程序,才能把分散的石油集中起来,以致成为有工业价值的油田。这种天然程序主要就是地壳构造运动,特别是扭动和旋扭作用的构造运动,正象一块湿毛巾里的水,如果用力拧它一下,水就会集中、流溢出来一样。

大量的油田勘探开发实践以及现代地震对油、气、水的影响,为我们沿着这样一条思路去探索油气的移聚规律,提供了重要的依据和线索。

有的油田,油水界面的倾斜方向与设想的水动力驱动所造成的倾斜方向刚好相反;有的油田,油水界面明显的弯曲上拱,至今仍未达到油水界面的正常平衡状态;有的油田出现油水混浊的油层;有的油田出现原始饱和和压力异常,超过自身供水区静水压力的一倍甚至几倍。这些现象,都与重力分异或水动力驱动作用相矛盾,相反,却反映了地应力活动的存在和它对油气移聚的重要驱动作用。在漫长的地质历史中,某一时期,一定方式的地应力活动,既然可以使具有弹塑性的各种岩体发生形变和相对位移,并使其中永久形变和位移的踪迹保留下来,那么,分布在岩层、岩体中的油、气、水一类流体,对这一作用必然反应得更加敏锐。因此,岩层中油、气、水等流体的运动应直接受到一定方式地应力作用的支配,故称这种驱动作用为“地应力驱动”。

现代地震的大量资料,也反映了现今地应力活动对油、气、水的显著驱动作用。例如,有一个在地震过程中发生扭动的地区,地下水水位也发生了相应变化,从原来零散的分布而变为环状分布(图9)。

一般扭动构造和旋扭构造,是地壳普遍的构造型式,反映了区域性的地应力活动是以直扭和旋扭运动为主要形式。油田与这类构造型式的关系密切,指明了油气必然经历着相应的直扭和旋

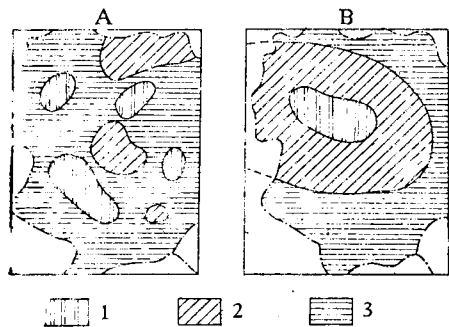


图 9

1. 上升区 2. 下降区 3. 平定区

扭运动过程。从我国地质工作者对部分含矿火成岩体的研究,得到了曾经处于流体状态的岩浆由地壳深处向上部做螺旋式旋扭运动的证据。更有意义的是,它刚好与所在地区旋卷构造显示的旋扭作用方式相吻合。这些事实启发我们进一步认识到,那些受扭动构造,特别是旋扭构造控制的油气,它们的运移过程,既不是单一的重力分异作用造成的垂直运移,也不可能是简单的侧向运移,而是呈螺旋式上升的旋扭运动。

综合所述,我们可以说:构造体系的成生发展,控制油气的生、移、聚、散。也就是说,构造体系既与油气生成的地质条件有关,又控制油气的移聚和分布规律。巨型的第一级构造控制含油远景区的成生和展布,由于形成第一级构造的构造运动而产生的次级构造控制着油气田的形成和分布。

运用地质力学的理论指导找油,就是立足于可靠的各种构造形迹的基础上,运用构造体系的概念,从分析巨型、大型构造体系入手,研究主导构造体系以及与其它构造体系的复合关系,这是指出和选定含油远景区的关键。在选定的油区内,按照构造体系迭次控制作用的规律,逐级地进行构造体系分析,确定主体沉降地带,圈定生油区的所在和它的范围,分析和落实各种扭动构造型式及其所属断裂系统的成生发展特点,查明油气移聚的有利地带,并且注意物质运动形式是多种多样的特点,探索不同方式的地应力作用对油气的驱动方向和途径,从而推断油气田的可能分布规律。

多年来,在这种正确的地质理论指导下,我们在石油普查勘探工作中,逐步形成了一套“先找油区,再找油田”的行之有效的找油程序和工作方法。

参 考 资 料

- [1] 李四光 1954 旋卷构造及其它有关中国西北部大地构造体系复合问题。地质学报,第 34 卷第 4 期。
- [2] 李四光 1970 地壳构造与地壳运动。中国科学,1973 年第 4 期。
- [3] 李四光 1973 地质力学概论。科学出版社。

(未出版资料从略)

THE APPLICATION OF GEOMECHANICS TO THE PROSPECTING AND EXPLORATION OF OIL IN CHINA

Shi Liqun

Abstract

Since the founding of the People's Republic of China, a remarkable success has been achieved in applying geomechanics to directing the prospecting for oil.

The present paper deals briefly with the relations of tectonic systems to the origin, migration and accumulation of oil, with a special emphasis on the Neocathaysian tectonic systems.

For many years, by applying this theory of geomechanics to the prospecting and exploration of oil we have gradually formulated a complete feasible working procedure and working method of "finding oil district first, and the oil fields next". It seems to us a new approach to searching for oil and gas resources.