

文章编号:1009-2722(2011)12-0070-07

# 欧洲大陆含油气盆地基础地质研究

温泉波, 郑培玺, 刘永江, 金 巍, 和钟铎, 梁琛岳, 张 丽, 米晓楠

(吉林大学地球科学学院, 长春 130026)

**摘 要:**通过系统地收集、整理欧洲含油气盆地的基础地质资料,按其构造属性的不同将欧洲大陆含油气盆地分为克拉通盆地、前陆盆地和相对稳定的张裂断陷盆地(这 3 种盆地代表了山间盆地等的 3 种类型的盆地),并对每一种类型具有代表性盆地的形成演化、沉积建造、构造发育阶段、生储盖组合、主要含油气层系和含油气系统进行了初步的研究,研究认为克拉通盆地具有较高的油气资源潜力。

**关键词:**欧洲大陆;含油气盆地;基础地质

中图分类号:TE121.11

文献标识码:A

欧洲大陆位于欧亚大陆西部,面积约占整个欧亚大陆的 1/5。从地质看,欧洲大陆是一个以东欧地台为核心,总体上向南增生的大陆,东侧以乌拉尔褶皱带与西伯利亚地台相邻,西侧以挪威—不列颠岛—阿巴拉契亚加里东褶皱带与北美地台邻接,南侧以阿尔卑斯—高加索中、新生代褶皱带为界<sup>[1]</sup>。在欧洲大陆上分布有不同类型、不同构造属性的含油气盆地。因此,开展对欧洲大陆含油气盆地的油气地质进行综合研究,分析欧洲大陆各含油气盆地的油气资源潜力,可以为建立国家层面的全球油气资源数据库体系提供基础数据,为国家制定油气资源战略与能源外交政策提供政策依据,为国内石油企业的“走出去”提供支撑和服务,更好地促进海外油气勘探与开发。

## 1 欧洲大陆基础地质概况

欧洲大陆主要包括 3 部分,基本构造格局如

收稿日期:2011-11-24

基金项目:国家专项“全球油气地质综合研究与区域优选——欧洲大陆油气地质综合研究与区域优选”(GT-YQ-QQ-2011-7-22)

作者简介:温泉波(1978—),男,博士,讲师,主要从事构造地质学的研究工作。E-mail:wenquanbo@163.com

图 1 所示。东北部为古老的结晶基底,出露于波罗的地盾和乌克兰地盾<sup>[2]</sup>;中部为古生代的地槽区,主要包括莫斯科台向斜、沃罗涅兹台背斜等;南部为中、新生代地槽区,属阿尔卑斯褶皱山系,其间发育有一系列的山间盆地,以新近纪海相碎屑沉积为主的盆地,如潘诺尼亚盆地等。

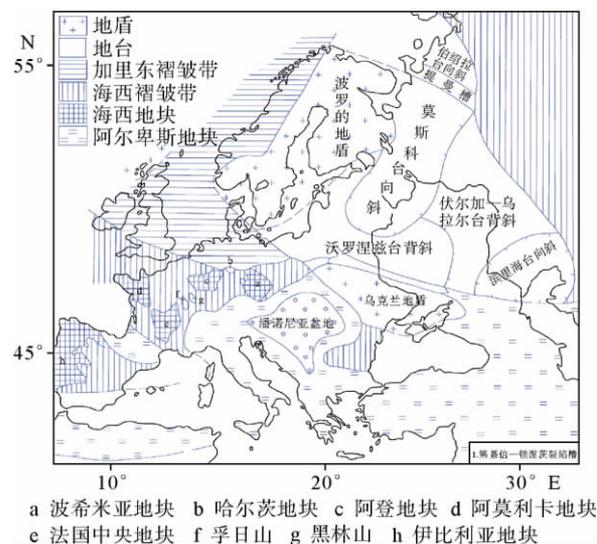


图 1 欧洲大陆基本构造格局略图(据文献[1])

Fig. 1 Tectonic map of European continent

(from reference [1])

欧洲大陆前寒武系出露区主要分布于波罗的地质,地层总的成 NW 方向分布,从 NE 向 SW 由老变新,沿科拉半岛出露的太古宙萨姆群(>25 亿 a)和早元古宙白海群(>20 亿 a)由花岗岩、片麻岩和低压麻粒岩组成<sup>[1]</sup>。中元古代和晚元古代的瑞芬群(18.7~16.4 亿 a)和哥特群(11~9 亿 a)已是石英岩、叠层石灰岩、层状铁矿和基性火山岩等浅变质地层。东欧地台下古生界为稳定的地台型盖层,下部有冰碛层,上部含丰富的伊迪卡拉动物群,下寒武统砂岩和蓝色黏土层覆盖其上。中、晚寒武世沉积间断,然后是奥陶系和志留系的砂岩、页岩和石灰岩。上古生界的地层分布与相变趋向与下古生界有所不同,泥盆系在新隆起的加里东山系两侧,组成著名的老红砂岩大陆。上、中上石炭统和二叠系为位于新出现的海西山系北侧边缘拗陷中的海陆交互复理石沉积。上二叠统为红色陆相磨拉石,表明海西褶皱山系的生成。晚二叠世含膏盐的镁灰岩群不整合于海西褶皱基底之上,沉积作用一直持续到白垩纪。

中、新生代是新特提斯褶皱带发育阶段,有 2 种沉积型相:一种以德国盆地为代表,三叠系下统斑砂岩为陆相杂色砂岩,中统壳灰岩为海相蒸发岩,上统为海陆交互相,侏罗系主体为浅海相灰岩和碎屑岩下白垩统下部为陆相,晚白垩世的最大海侵形成了特征的白垩层,欧洲大陆的古近系仍保持海相沉积,直到上新统欧洲才普遍成陆;另一种以阿尔卑斯为代表,特提斯构造域中新生界是另一种情况,三叠系不整合于古生界之上,表现为以灰岩为主的海进层序,中新统含有基性海相火山岩,侏罗纪和早白垩世是特提斯海强烈沉陷、洋壳出现的阶段,阿尔卑斯地区由北向南沉积深度增加,中、晚侏罗世和早白垩世的红色结核灰岩和放射虫硅质灰岩直接覆于浅水灰岩之上,晚白垩世起转为复理石沉积,始新世后,特提斯海闭合,阿尔卑斯山系形成,渐新统磨拉石出现在边缘拗陷中,上新世后出现冰川沉积。

欧洲大陆的大地构造有以下特点:①北端的斯堪的纳维亚地盾,由巨大的前寒武系结晶基底组成;②东欧主体为一地台,包括俄罗斯地台以及东北和南东的边缘造山带;③中欧地台的基底是加里东古老岩层,呈 EW 向,西部从英国开始,东部与东欧地台相接;④西欧是晚海西期的地台,包

括一大批基岩隆起及一些盆地、拗陷和地堑;⑤阿尔卑斯褶皱带,由一系列山脉组成,如巴尔干、阿尔卑斯、狄那里克等山脉,包括山前磨拉石盆地和山间盆地<sup>[1]</sup>。

## 2 欧洲大陆含油气盆地基础地质

欧洲大陆范围广,盆地众多,除前苏联和西北欧海域外,主要有喀尔巴阡盆地、潘诺盆地、磨拉石盆地、德国盆地、波河盆地、波兰盆地、巴黎盆地、埃布罗盆地、卡斯蒂利亚盆地等(图 2)。按其大地构造属性可将其分为 3 类:①克拉通盆地,主要包括中欧地台区克拉通含油气盆地和中生代的陆内克拉通盆地,如德国盆地、巴黎盆地等;②前陆盆地,如磨拉石盆地、喀尔巴阡盆地等;③相对稳定的张裂断陷盆地,相当于山间盆地,如潘诺、特兰西瓦尼亚等盆地。

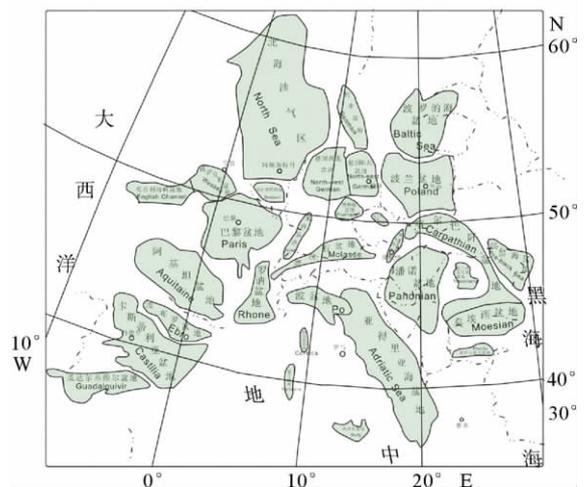


图 2 欧洲大陆主要含油气盆地分布

Fig. 2 Sketch map of the European petroliferous basins

### 2.1 欧洲克拉通盆地基础地质研究

克拉通盆地是长期保存下来的盆地,其油气储量约占全球油气储量的四分之一,在世界石油工业中具有举足轻重的地位<sup>[3]</sup>。早在 20 世纪 50 年代之前,就开始了对克拉通盆地的油气勘探并发现了油田,而今在勘探成熟的克拉通盆地仍能发现工业性油气区带,这种漫长的勘探历程受克拉通盆地油气分布规律的制约。克拉通盆地是最

为简单的而又是最为复杂的盆地,迄今为止对其成因仍莫衷一是。这种类型的盆地在地球历史后期长期存在,因此是研究这一阶段地球动力学演变的重要依据。克拉通盆地油气聚集规律复杂,存在聚集最佳时效问题,保存条件是油气成藏的一项重要因素。

欧洲大陆克拉通盆地主要包括2类:一类为中欧地台区克拉通含油气盆地,如德国盆地;另一类为古生代褶皱基底块断区的中生代的克拉通盆地,如巴黎盆地。

### 2.1.1 德国盆地

德国盆地包括德国东北盆地和德国西北盆地,属中欧地台上的克拉通盆地。德国东北盆地属中欧地台的中段,南界为华力西块断山,基底为上古生界变质岩,面积6.2万 $\text{km}^2$ ,盆地中心基底深7 000 m;德国西北盆地,北为丹麦南部的林克宾芬隆起,南为海西褶皱的莱茵地块和哈茨山,面积5.6万 $\text{km}^2$ 。笔者以德国盆地为例研究中欧地台克拉通盆地的形成及演化过程。

以德国东北盆地为例,地层主要由石炭系、二叠系以及三叠系组成<sup>[4-6]</sup>。早石炭世杜内期地层仅分布于盆地北缘,厚度最大可达341 m,最底部含有生物泥晶灰岩,另有泥岩发现,Hoffmann等<sup>[7]</sup>提出该区存在有一些晚杜内期的凝灰质泥岩夹层;早石炭世维先期地层分布于整个盆地,从南到北都很厚,最厚约1 480 m,底部大多为生物亮晶灰岩、泥粒灰岩和少量泥岩,中部大量缺失,顶部由球状亮晶灰岩、生物亮晶灰岩、粒泥灰岩组成;早石炭世纳缪尔期地层仅分布于盆地的北部和中部,自东向西的带,向北逐渐增厚;晚石炭世韦斯特伐亚期地层沉积物从鲁根北部沿盆地方向增厚,最厚大约为560 m,主要由碎屑岩为主,另外还发现有煤层;晚石炭世斯蒂芬期地层自北东向南西逐渐减薄的模式,厚度最厚大约为500 m,主要由石英砂岩(部分夹杂碳酸盐胶结物)、砂泥岩和泥岩为主,沉积物以陆相为主。早二叠世地层主要为一套碎屑岩,其中赤底统( $P_{1-2}$ )砂岩只产气;上二叠世地层主要由碳酸盐岩组成。三叠系主要为砂泥岩、白云岩及膏盐层组成,厚达1 600~2 300 m。德国东北盆地可以分为5个演化阶段:①晚石炭世—早二叠世初次裂开阶段;②早二叠世—中三叠世的最大沉降阶段;③中三叠世—

白垩纪的盆地分化阶段;④晚白垩世倒转阶段;⑤新生代最终沉降阶段。

到目前为止德国东北盆地已发现20个油田,27个气田,其中萨尔茨韦德尔气田储量1 000亿 $\text{m}^3$ 。德国西北盆地已发现110个油田,70个气田,是德国最主要的气田区,至今99%的天然储量和93%的石油储量集中在此盆地,其中德国最大的鲁勒油田,地质储量1.1亿t,主要产层为下白垩统凡兰吟阶砂岩,上二叠统白云岩油田有瓦登堡、斯塔夫霍斯特等,天然气储量超过百亿 $\text{m}^3$ 。2006年欧洲油气年报显示,德国盆地的油气储量为1 005.61 MMbo。

### 2.1.2 巴黎盆地

巴黎盆地属于中生代的内克拉通盆地,面积为110 000 $\text{km}^2$ ,最大沉降区的地层厚度为3 000 m,巴黎盆地是边界最清楚的地质单元之一,它基本上是一个构造单元和自然地理单元,但不是—个沉积单元。巴黎盆地的基底是海西期遭受褶皱的晚古生代花岗岩、沉积岩和变质岩,在盆地中心它们被埋在以下,而在盆地的边缘出露地表<sup>[8-10]</sup>。

巴黎盆地主要沉积中生代的地层,其中三叠系由本特阶、壳灰岩阶和考依波阶组成,本特阶主要分布于盆地东部,岩性为粗砂岩夹砾岩,其余的2个阶分布广,岩性以碳酸盐岩和蒸发岩为主,向盆地中部相变为砂岩。侏罗系为分布广泛的页岩和碳酸盐岩层系。下白垩统的下部为陆相碎屑岩沉积,盆地中央地带的下白垩统厚达300~400 m,上白垩统由白垩和燧石层互层构成,是全球海平面升高的结果<sup>[3]</sup>。巴黎盆地是古近系典型沉积地区,沉积面积逐步减小,在此期间有6次海侵,沉积了6套薄且局部分布的沉积旋回或层序,这些旋回为:①蒙丁阶,由灰岩组成,上覆陆相泥灰岩;②塔内提阶,白海绿石砂岩和灰岩组成;③伊普雷斯阶,由黏土岩组成;④卢台特阶由货币虫灰岩组成;⑤巴尔顾阶,主要由湖相砂岩、泥灰岩、砂屑石灰岩和石灰岩组成;⑥斯坦普阶,由绿色黏土岩组成,古新世以旋回1和2为代表,始新世由旋回3至旋回5为代表,渐新世下部由旋回6为代表,中新统和上新统(新近系)在盆地的大部分地区缺失。

作为克拉通内盆地或拗陷,巴黎盆地构造简单,盆地在230 Ma内,主要是在三叠纪和侏罗

纪,堆积了厚约 3 000 m 的沉积物,复杂的多期变形形成了巴黎盆地的格架,并且产生了多期的差异掀斜和古地理面貌,它们继续影响着盆地后续历史。很明显,三叠纪和里阿斯期时,巴黎盆地属广阔的日耳曼盆地的一部分;侏罗纪和早白垩世时,它为阿尔卑斯(特提斯)海中的一个海湾;而晚白垩世和第三纪时,它为英国—比利时盆地向南部和东南部的延伸。

巴黎盆地的储集层岩性主要砂岩、灰岩,发育在下白垩统、侏罗系、中—上三叠统地层中,储层的孔隙度可达 10%~16%,渗透率可达 300~6 000 mD。盖层岩性主要为页岩,大部分油田均是低幅度的背斜,常以断层为边界,在南部地区,背斜的主轴是南北向在中央地区,主轴是东西向。例如,道格统 Chailly 圈闭位于巴黎东南 50 km 处,是由 CEP 在 1959 年发现的,当时的井位也是钻到地震反射层的闭合高点上,该圈闭由 2 个构造高点组成,倾角平缓,闭合度为 30 ft(约 10 m),被一条 E—NE 向的断层断开,断距约 10 m,该圈闭形成于晚侏罗世。

巴黎盆地 50 个油田中发现大约 2.8 亿桶的可采石油储量,这些储量的 1/2 是在 3 个主要油田发现的,即 Chateaufort、Chaunoy 和 Villepedue。30 个主要的油气田中,10 个分布在道格统内(占总储量的 40%左右),12 个在上一—中三叠统(占总储量的 30%左右),8 个油田分布在瑞替阶,1 个气田分布在壳灰岩阶。2006 年欧洲油气年报显示巴黎盆地的油气储量为 2 981.42 MMbo。

## 2.2 欧洲前陆盆地基础地质研究

欧洲前陆盆地的典型代表盆地是位于阿尔卑斯山前的磨拉石盆地<sup>[11-13]</sup>。磨拉石盆地为阿尔卑斯山脉北麓山前拗陷,西起法国的罗呢合谷,向东穿过瑞士、西德南部,东至奥地利,它是阿尔卑斯山北缘的一个典型丘陵盆地,南与阿尔卑斯山邻接,北部基本以多瑙河为界,整个盆地进一步分为北部未褶皱山前磨拉石地区和南部褶皱的亚阿尔卑斯磨拉石地区,在德国境内面积 3.4 万 km<sup>2</sup>,瑞士境内面积约 1.5 万 km<sup>2</sup>,奥地利境内面积境内面积 8 600 km<sup>2</sup>,总面积 50.8 万 km<sup>2</sup>,盆地不对称,南陡北缓<sup>[1]</sup>。

磨拉石盆地是阿尔卑斯山北缘的一个典型丘陵盆地,对其演化历史许多学者都对其进行了详细的研究<sup>[14-16]</sup>。阿尔卑斯造山带是欧洲板块和非洲板块典型的多次碰撞造山带,总体构造特征表明其造山作用最初表现为洋盆闭合过程中的俯冲作用,最后才是大陆碰撞及相继发生的陆块与陆块间大规模的俯冲和逆掩,在造山带边缘的大陆边缘形成中—新生代构造盆地<sup>[17]</sup>。

磨拉石盆地地貌上基本上与中部高原相当,盆地内充填了厚大的渐新世—中新世碎屑沉积物,最厚达 5 000~6 000 m;盆地南部已被前阿尔卑斯推覆体覆盖<sup>[18]</sup>。该单元可划分为“原地”磨拉石或高原磨拉石及南部边缘的亚阿尔卑斯磨拉石。前者为渐新世—晚上新世平坦沉积层,西部见舒缓褶皱,东部有断层。总的向北倾斜并过渡为两翼较陡的褶皱,背斜核部多为冲断层破坏。后者为向南倾斜的渐新世—早中新世沉积层构造岩片组成,岩片向北西方向逆冲。

磨拉石盆地结晶基地之上为上古生界、中生界和第三系,主要沉积时代为晚古生代至第三纪,厚度约 6 000 m<sup>[19]</sup>。主要储集岩时代为侏罗纪、白垩纪、始新世,岩性为砂岩。磨拉石盆地南陡北缓分为南北 2 个构造区。北部称高原磨拉石区,倾斜平缓,褶皱宽平。南部伏于石灰岩阿尔卑斯逆掩带之下,为褶皱磨拉石区。从渐新世至上新世属山前拗陷带,接受因阿尔卑斯山脉上升侵蚀带来的碎屑沉积,主要为三角洲和浅湖、沼泽沉积,局部为河流沉积,夹淡水灰岩和泥灰岩。在早渐新世和中早新世有 2 次海侵。全层以砂岩和泥灰岩为主。磨拉石沉积覆在上侏罗统至白垩系的石灰岩之上<sup>[1]</sup>。该盆地磨拉石系晚始新世碰撞后形成同造山后期(中渐新世—晚中新世中期)的一套陆缘碎屑岩,分两大旋回,每一旋回自下而上为海至陆相,由细而粗。同时磨拉石盆地的沉积演化可以分为早期的深水阶段和晚期的浅水、大陆阶段,分别被认为是复理石和磨拉石<sup>[17]</sup>。

磨拉石盆地在德国境内已发现 23 个油田,14 个气田,产层有上始新统和渐新统砂岩。奥地利于 1956 年发现油田,为奥地利主要的产油盆地,赋存于晚古新世—新近纪,主要勘探领域为下始新统一新近系。在西部,最大油田为沃茨村油田,1963 年据地震勘探发现,油田面积 11 km<sup>2</sup>,油层

深 2 000 m。产层为上始新统、上白垩统和上侏罗统的砂岩,注水的最终石油可采储量为 320 万 t。东部有最大的韦尔登杜恩巴契气田,产层为下中新统砂岩。由于在西德及奥地利有油气田存在,肯定了油气远景,但至今未能在瑞士找到商业价值的油气田<sup>[1]</sup>。

### 2.3 欧洲山间盆地基础地质研究

潘诺盆地位于中欧东部的阿尔卑斯造山带内,由新近纪的盆地和阿尔卑斯造山带内的一部分组成(图 3)。其北部和东部濒临喀尔巴阡山系,南部与喀尔巴阡山系南部或中三叠世的阿尔卑斯山区相邻,而西部则与阿尔卑斯山区南部及东部相接。盆地的绝大部分位于匈牙利、克罗地亚、罗马尼亚—克罗地亚(南斯拉夫)以及奥地利的一部分、斯洛伐克、乌克兰、波斯尼亚、黑塞哥维那、斯洛文尼亚和波兰。从东到西长度约为 600 km,由北至南,长度将近 500 km,面积 21 万 km<sup>2</sup>。

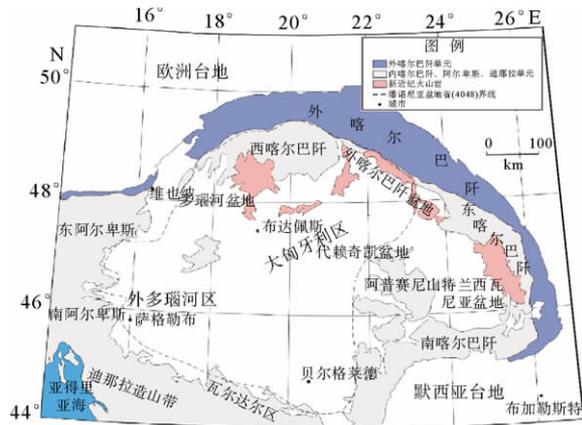


图 3 潘诺盆地主要构造单元及地理位置

Fig. 3 Main tectonic units of Pannonian Basin

潘诺盆地的构造环境特点是:一个新生代盆地体系叠加在阿尔卑斯—喀尔巴阡造山带内高度变形的、具有复杂断裂的中生代、古生代推覆体以及前寒武纪岩石之上。从古生代开始,中晚石炭世的海西(华力西)造山运动中,欧洲板块的边缘快速地向西运动并与现今的潘诺盆地缝合,古老的古生界岩石在该区发生变质变形,形成潘基亚泛大陆。在晚二叠纪—三叠纪,随着特提斯洋的

重新开裂和扩张,以及大陆边缘地壳碎块的下降形成大量的海相沉积。在晚中生代和新生代,特提斯洋再次闭合,并伴随着欧洲板块与向前运动中的非洲板块前部的地壳块发生碰撞。这次碰撞致使准特提斯和阿尔卑斯造山带的形成。在晚白垩世,整个喀尔巴阡山区域已形成了其现今的结构和形态<sup>[20,21]</sup>。在新生代时期,该区白垩系发生强烈变质变形<sup>[22]</sup>,大致形成刚性地块,并由于大型走滑断裂使其发生差异运动。在始新世和早渐新世,潘诺地块内陆源盆地的发育,其中最显著的是在地块边缘形成的匈牙利古近纪盆地和复理石盆地。在晚渐新世或早中新世,现今潘诺地块发生汇聚,并伴有相当大的旋转作用发生,在其边缘形成喀尔巴阡弧<sup>[23]</sup>。在早中新世时期,喀尔巴阡弧外部开始发生逆冲断裂和强烈褶皱,其北部与东部逐渐移动,与出现在潘诺地块南缘的,以挤压作用为特征的迪纳拉—阿尔卑斯造山带构造体系相接<sup>[24]</sup>。大型扩张运动基本止于中新世。上新世时期,构造活动普遍减弱,潘诺盆地体系边缘隆起,并伴有东喀尔巴阡山系的挤压作用。在晚上新世,潘诺体系内大部分的地堑被掩埋。在第四纪时期,潘诺盆地边缘表现出大范围的隆升,其中央部分则持续下沉,晚期发生走滑调整<sup>[25]</sup>。

潘诺盆地区域地层特点是:由喀尔巴阡造山带内部的元古代、古生代和中生代岩石构成的高度变形的基底,其上覆盖第三纪盆地充填沉积的岩层层序。古近纪以前的岩石基岩代表了 2 个地理上分离、岩性上截然不同的地体—巴拉顿地块和蒂萨河块。古近系及新近纪底层岩石均反映它们各自的地壳单元演化历史,而新近纪地壳岩石却指示了共同沉积演化史。新生代岩石被视为准特提斯中央地区阶段的特征岩石。

潘诺盆地主要的石油和天然气源岩为渐新统页岩,黏土质泥灰岩和泥灰岩。主要的储集岩石在年龄上和岩性上呈现出多样性。包括前寒武系基地岩石,中生界沉积岩以及始新统和渐新统砂岩、凝灰质砂岩等。新近系砂岩是潘诺尼亚盆地区域的主要储层,占该区总储层的 80% 以上。潘诺盆地 1995 年发现的石油总量约为 2.1 亿桶和 11.2 万亿 ft<sup>3</sup> (1ft<sup>3</sup>=0.028 316 8 m<sup>3</sup>) 的天然气预计储量,石油在 153 和 631 亿桶石油之间,天然气在 1.7 和 7.4 万亿 ft<sup>3</sup> 之间<sup>[26]</sup>,其中大部分油气

是在匈牙利发现的,其次是克罗地亚、罗马尼亚、塞尔维亚和黑山。

### 3 结论

综合整理欧洲含油气盆地的基础地质资料,分析认为克拉通盆地源岩主要发育在石炭纪—白垩纪,源岩主要为泥岩、页岩、碳酸盐岩等,大多数源岩在克拉通达到最大海侵时就已沉积了,所有的克拉通内拗陷都有一个主生油凹陷,围绕该生油凹陷油气的运移常呈辐射状分布,在该拗陷周围的砂体、碳酸盐岩礁、滩、缝洞体常优先捕获油气,根据油气运移势的概念,拗陷陡翼接受油气的机会明显大于缓翼,隆起作为克拉通盆地的一个基本构造单元(即基本上所有克拉通盆地都有该构造单元),在油气勘探中具有举足轻重的地位,尤其是位于拗陷中间的中央古隆起更是油气聚集的最佳场所,因此,欧洲克拉通盆地具有较高的油气资源潜力。

前陆盆地以磨拉石盆地为例,分为两大生油—储油体系,即下部以台地相碳酸盐岩为主体的生—储体系和上部以陆相页岩—砂岩为主体的生储体系。由构造冲断作用控制的背斜圈闭和块断圈闭,是前陆盆地内最为普遍的、也是最为重要的一类圈闭,在前陆盆地中,最有利于油气富集的构造部位是双冲构造带底面逆冲断层上的断展背斜和滑脱背斜,隐伏逆冲前缘的断层扩展褶皱,以及被动顶板双冲构造所夹持的“三角带”。

相对稳定的张裂断陷盆地,相当于山间盆地以潘诺盆地为例,构造环境特点为一个新生代盆地体系叠加在阿尔卑斯—喀尔巴阡造山带内高度变形的、具有复杂断裂的中生界、古生界推覆体以及前寒武系岩石之上,石油和天然气源岩为渐新统页岩,黏土质泥灰岩和泥灰岩,主要的储集岩石在年龄上和岩性上呈现出多样性,包括前寒武系基地岩石、中生界沉积岩以及始新统和渐新统砂岩、凝灰质砂岩等。

参考文献:

[1] 李国玉,金之钧. 世界含油气盆地图集[M]. 北京:石油工业出版社, 2005: 1-211.  
[2] Golonka J. Plate tectonic evolution of the southern margin

of Eurasia in the Mesozoic and Cenozoic[J]. *Tectonophysics*, 2004, 381: 235-273.

- [3] 何登发,董大忠,吕修祥等. 克拉通盆地分析[M]. 石油工业出版社, 1996: 48-72.  
[4] Mccann T. The tectonosedimentary evolution of the northern margin of the Carboniferous foreland basin of NE Germany[J]. *Tectonophysics*, 1999, 313: 119-144.  
[5] Bayer U, Scheck M, Rabbel W, et al. An integrated study of the NE German Basin[J]. *Tectonophysics*, 1999, 314: 285-307.  
[6] Hansen M B, Scheck-Wenderoth M, Hubscher C, et al. Basin evolution of the northern part of the Northeast German Basin-Insights from a 3D structural model[J]. *Tectonophysics*, 2007, 437:1-16.  
[7] Hoffmann N, Lindert W, Weyer D, et al. Zum Unterkarbovorkommen auf den Inseln Rügen und Hiddensee[J]. *Zeitschrift für Geologische Wissenschaften*, 1975, 3(7): 851-873.  
[8] Amir L, Martinez L, Disnar J R, et al. Effect of the thermal gradient variation through geological time on basin modeling a case study: The Paris basin[J]. *Tectonophysics*, 2005, 400: 227-240.  
[9] Mascle A, Vially R, Deville E, et al. The petroleum evaluation of a tectonically complex area: The western margin of the Southeast Basin (France) [J]. *Marine and Petroleum Geology*, 1996, 13: 941-961.  
[10] Vincent B, Emmanuel L, Houel P, et al. Geodynamic control on carbonate diagenesis: Petrographic and isotopic investigation of the Upper Jurassic formations of the Paris Basin (France) [J]. *Sedimentary Geology*, 2007, 197: 267-289.  
[11] 贾进华. 前陆盆地层序地层学研究简介[J]. *地质科技情报*, 1995, 14(1): 23-28.  
[12] Horton B, DeCelles P G, 韩欣. 毗邻中安第斯山的现代前陆盆地体系[J]. *地质科学译丛*, 1998, 15(3): 11-14.  
[13] Genser J, Cloetingh S A P L, Neubauer F. Late orogenic rebound and oblique Alpine convergence: New constraints from subsidence analysis of the Austrian Molasse basin [J]. *Global and Planetary Change*, 2007, 58(1/4): 214-223.  
[14] Bachmann G H, 谭试典. 巴伐利亚阿尔卑斯典型逆冲断裂带及其前陆的勘探[J]. *国外油气勘探*, 1985(4): 4-10.  
[15] DeCelles P G, 鲁兵. 前陆盆地系统[J]. *国外油气勘探*, 1997, 9(5): 531-547.  
[16] Ershov A V, Brunet M-F, Korotaev M V, et al. Late Cenozoic burial history and dynamics of the Northern Caucasus molasse basin: implications for foreland basin modeling[J]. *Tectonophysics*, 1999, 313(1/2): 219-241.  
[17] 刘文汇. 阿尔卑斯山周边盆地的生物—热催化过渡带气

- [J]. 天然气地球科学, 1993(6): 27-46.
- [18] Kuhlemann J, Dunkl I, Brügel A. From source terrains of the Eastern Alps to the Molasse Basin: Detrital record of non-steady-state exhumation[J]. *Tectonophysics*, 2006, 413(3/4): 301-316.
- [19] Jin J, Aigner T, Luterbacher H P. Sequence stratigraphy and depositional history in the south-eastern German Molasse Basin[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 1995, 12: 929-936.
- [20] Meulenkamp J E, Kovac M, Cicha I. On Late Oligocene to Pliocene depocentre migrations and the evolution of the Carpathian-Pannonian system[J]. *Tectonophysics*, 1996, 266: 301-317.
- [21] Nemcok M, Pospisil L, Lexa J, et al. Tertiary subduction and slab break-off model of the Carpathian-Pannonian region[J]. *Tectonophysics*, 1998, 295: 307-340.
- [22] Bada G, Horvath F, Gerner P, et al. Review of the present-day geodynamics of the Pannonian basin: progress and problems[J]. *Journal of Geodynamics*, 1999, 27: 501-527.
- [23] Csontos L, Nagymarosy A, Horvath F, et al. Tertiary evolution of the Intra-Carpathian area: a model[J]. *Tectonophysics*, 1992, 208(1/3): 221-241.
- [24] Bodri B. Thermal state, rheology and seismicity in the Pannonian basin, Hungary [J]. *Journal of Geodynamics*, 1996, 21: 309-328.
- [25] Horvath E, Csontos S L, Cloetghin S, et al. Compression during extension in the Pannonian Basin and its bearing on hydrocarbon exploration[J]. *European Association of Petroleum Geoscientists & Engineers Special Publication*, 1996: 415-416.
- [26] Petroconsultants. Petroleum exploration and production database[DB]. Houston: Petroconsultants, Inc. or Geneva: Petroconsultants, Inc., 1996.

## GEOLOGY OF THE EUROPEAN PETROLIFEROUS BASINS

WEN Quanbo, ZHENG Peixi, LIU Yongjiang, JIN Wei, HE Zhonghua,  
LIANG Chenyue, ZHANG Li, MI Xiaonan  
(College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130026, China)

**Abstract:** This paper deals with the basic geological problems of European petroliferous basins based on the data collected from various channels. In terms of tectonics, the European petroliferous basins could be classified into three types, i. e. the craton basin, foreland basin, and relatively stable tensional rifting basin (intermount basin). Attention is paid to the study of sedimentology, tectonics, evolution, and petroleum system in each of the basins. The result reveals that the craton basin is the most potential among the three types of basins.

**Key words:** European Continent; petroliferous basin; basic geology