doi: **10.12029/gc20170306**

袁学诚, 林隆栋, 许乐红. 2017. 再论无机生油假说及中国找油前景[J]. 中国地质, 44(3): 473−484.

Yuan Xuecheng, Lin Longdong, Xu Lehong. 2017. A further discussion on the abiogenetic petroleum origin hypothesis and the prospect of oil prospecting in China[J]. Geology in China, 44(3): 473−484 (in Chinese with English abstract).

再论无机生油假说及中国找油前景

袁学诚[1] 林隆栋[2] 许乐红[3]

(1.中国地质调查局发展研究中心,北京 100037;2.中国石油新疆油田分公司,新疆 克拉玛依 834000;
3.中国地质科学院地质研究所,北京 100037)

提要: 新中国成立后石油勘探的第一个成功范例是1958年大庆油田的发现和开发。相应的概念上的创新是颠覆了只有海相地层才能找到大油田,确立陆相地层中同样可以找到大油田。普查勘探方法上的革新是采用了先进的地球物理方法开展战略性大面积普查,不再局限于几个地表有油苗的山前盆地进行工作。

寻找石油资源急需开辟一个新的领域。其特点是普查勘探的对象不局限于地壳,还要拓宽到研究岩石圈。思想上的创新是要摒弃海相生油和陆相生油等陈旧生油理论,确立地幔生油的新思维。根据物理学热力学理论,甲烷是唯一一种在标准温压条件下稳定的碳氢化合物,直链烷属烃只有在压力>3 MPa 温度>700°C时(相当于地下深度约100 km)才有可能形成。因此,海相生油理论和陆相生油理论都不靠谱,在地表赋存的不论是海相地层还是陆相地层内都不能生油,油气是地幔内(软流圈)无机生成,然后运移到海相盆地或陆相盆地中聚集成藏的。海相油田或陆相油田是储存的条件不同,但不是生成油田的机制不同。

地球物理对寻找幔内生油区有独特的作用,许多石油地质学家认为,地球物理揭示的岩石圈内的低速低阻层与深藏油层有密切的关联。并且我们发现,在已开发的油田下方往往有软流圈物质的积聚。这些软流圈物质常常富有强烈的活动性,它们可以穿透覆盖在它们上面的地幔物质来到壳幔边界,在地幔中形成一个蘑菇云状的构造。这为开辟找石油的深层源头找到了捷径。

根据中国地震层析资料探测得到的地幔内存在的低速带,以及区域地质背景条件,笔者提出中国3片找油最有远景的地区,即东亚西太平洋裂谷区、东特提斯地幔隆升区以及新疆深断裂分布地区:

(1)东亚西太平洋低速带是在中新生代时,东亚大陆边缘岩石圈裂变所形成。它包括深浅、范围、形态各不相同的3个带。从西向东依次为:松辽—华北—东南沿海陆内裂谷带;日本海—黄海—东海—南海东亚边缘海裂谷带,以及四国海盆—帕里西维拉海盆—巴布亚新几内亚洋内裂谷带

(2)东特提斯隆升区是指中国西南的兰坪盆地、思茅盆地、楚雄盆地为中心的一个地区,它们原本与当今最富油气的中东地区同属一个构造带,约在5 Ma时由于印度板块的向北挺进,青藏高原隆升,在这一地区的构造受到前所未有的破坏,但仍有残余下来可能含油气地区。

(3)新疆地区由于受到印度地块的挤压,形成一系列背型和向型构造。深藏油气只能从切割它们的深大断裂中溢流到地表。笔者根据卫星重力资料,提出巴彦敖包—西宁不连续带;淖毛湖—茫崖不连续带;于田—克里雅河不连续带和阿拉木图—塔什库尔干不连续带等4条不连续带。它们都可能是深层石油上升的通道,希望能引起找油专家们关注。

关 键 词:石油普查;无机生油;无机生油远景地区

中图分类号:P621;P622 **文献标志码**:A **文章编号**:1000−3657(2017)03−0473−12

收稿日期:2016−11−29;**改回日期**:2017−02−26

基金项目:中国地质调查局"主要地质单元区域地质调查与片区总结"(1212011120115)项目资助成果。

作者简介:袁学诚,男,1928年生,长期从事深部地球物理研究; E−mail:xcyuan52@163.com。

通讯作者:许乐红,女,1983,硕士,地球物理专业;E−mail:xulehong1117@163.com。

A further discussion on the abiogenetic petroleum origin hypothesis and the prospect of oil prospecting in China

YUAN Xuecheng[1], LIN Longdong[2], XU Lehong[3]

(1. *Reaserch and Development Center, China Geological Survey, Beijing* 100037*, China*; 2. *Xinjiang Oilfield Branch, China National Petroleum Corporation (CNPC), Karamay* 834000*, Xinjiang, China*; 3. *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Science, Beijing* 100037*, China*)

Abstract: The first successful case for exploration oil in New China was the discovery of the Daqing oil field in 1958. The discovery of the Daqing oil field subverted the concept that oil can only be formed in marine strata, and proved that oil field could also be formed in continental strata. Besides, in the exploration of Daqing oil field advanced geophysical methods were adopted to carry out strategic regional investigation, and the geophysical work was no longer confined to front basins with oil seepage.

In the upcoming oil exploration, we should create a common perspective that oil is generated in the mantle, and hence the work should expand to the whole lithosphere.

According to thermodynamics, methane is the sole hydrocarbon which can be stably living under the standard temperature and pressure condition; straight- chain alkanes hydrocarbons can be formed only under the condition pressure >30 kbar and temperature >700 °C (corresponding to a depth about 100 km). Therefore, both marine oil generation theory or terrestrial oil generation theory cannot hold the water. In fact, oil is generated in the mantle, and then migrate to marine basins or terrestrial basins for accumulation of petroleum.

Geophysical methods play an important role in prospecting for deep oil reservoir. Many petroleum geologists have considered that the low velocity-low resistivity layer is closely related to oil reservoir. Besiders, researchers have found that, under the known oil fields, there frequently exists asthenospheric matter. Asthanosphric matter is active and can penetrate mantle matter to form a mushroom cloud in the mantle.

Based on seismic tomography and regional geological environtal condition, the authors put forward three perspective regions for oil exploration:

(1) The East Asia- West Pacific Oceanic low- velocity region. There are three zones which were formed in Mesozoic-Cenozoic period and are different in depth, extent and shape. From west to east, they are Songliao-North China -SE China coastal continental rift zone; Japan Sea-Yellow Sea-East Sea-South China Sea marginal sea rift zone, and Shikoku Sea basin-Parece Vela Sea basin -Papua New Guinea marine rift zone

(2) East Tetisi mantle uprifting region: The East Tetisi mantle uprifting region consists of Lanping basin, Simao basin and Chuqiong basin in Southwest China. This region originally had the richest oil and gas reservoirs in the world, but its structures were severely destroyed under the extrusion of the Indian block

(3) The deep faults in Xinjiang region: The Xinjiang region formed a series of synformal and antiformal structures under the extrusion of the Indian block, and hence deep oil may migrate upward to the surface through deep faults. According to satellite gravity, the authors hold that Bayan-Ovoo-Xining discontinuous zone, Naomaohu-Mangnai discontinuous zone, Yutian- Keriya Hu discontinuous zone, and Alma-Ata-Taxkorgan discontinuous zone are favorable areas for oil exploration.

Key words: oil exploration; abiogenetic oil; prospective area for abiogenetic oil

About the first author: YUAN Xuecheng, male, born in 1928, long engages in the study of deep part geophysics; E- mail: xcyuan52@163.com.

About the corresponding author: XU Lehong, female, born in 1983, engages in the study of geophysics; E-mail: xulehong1117@163.com.

Fund support: Supported by China Geological Survey Plogram (No. 1212011120115).

1 开辟找油的新领域

新中国成立后石油勘探的第一个重大进展以1958年大庆油田的发现和开发为标志。相应的概念上的创新是否定了只有海相地层才能找到大油田,陆相地层中不可能找到大油田的错误认识。普

查勘探方法上的革新是采用了先进的地球物理方法开展战略性大面积普查,不再局限于几个地表有油苗的山前盆地。

寻找石油资源急需开辟新领域。这次“战役”的特点应该是地球物理工作要撒更大的网,普查勘探的对象不仅局限于地壳,还要研究岩石圈。思想上的创新是要摒弃海相生油和陆相生油等陈旧的生油理论,确立地幔生油的新思维。

2　岩石圈和岩石圈内低速带

Barrell(1914)以地球的力学性质为依据,将地球最上部划分出岩石圈和软流圈。岩石圈包括地壳和上地幔顶部(或称为岩石圈地幔),是地球的固态刚性外壳。它在长时间应力作用下保持刚性、具有弹性形变、最终可能发生脆性断裂。

紧挨着岩石圈下,存在着一个软流圈,这个圈层包括除去岩石圈以外的剩余上地幔部分。在强度有限而持久的应力作用下具有塑性形变,有易于屈服的特性。

软流圈对地震波有高度衰减作用和强烈吸收作用,所以又称为低速层(LVZ)。LVZ的上界面深度约100 km,下界面的深度为180~220 km。它的电学性质是低阻的,热学性质是高温的。岩石圈与软流圈之间的分界面大体上等同于上地幔内1300℃的等温面。超过此温度,上地幔中最软弱的矿物橄榄石将发生熔融,导致地震波速度和电阻率断崖式下降。多数学者认为软流圈的形成是由于岩石的部分熔融。

地壳是一个以硅铝质岩石为主的不均匀圈层。而上地幔在20世纪50年代以前地学界普遍认为是一个均匀的层圈。随着地球物理对地球内部构造的研究不断深入,发现岩石圈构造远比想象的复杂。

笔者在20世纪80年代参加国际岩石圈委员会的《全球地学断面》计划,承担福建泉州—四川黑水地学断面时,发现当时被中外学者们普遍认为均匀层圈的上地幔是极不均匀的。在上地幔中存在坚硬块体,当时笔者认为它们是一些小块体,将它们称为“地幔肾”。地幔肾内还发现有韧性剪切带。这一成果在国际岩石圈委员会主持的东亚岩石圈会议上作过宣讲,并发表在论文集《八十年代中国地球物理进展——纪念付承义教授八十寿辰》中(袁学诚等,1989)。

此后,笔者在承担国家自然科学基金委员会“八五”秦岭重大项目时收集到横穿华北的10条地震层析剖面,这些剖面均为中国科学院地质地球物理研究所刘建华研究员所做。用以研究秦岭两侧的华北与华南岩石圈结构。意外发现,华北地区岩石圈不但不是一个均匀圈层,在它的内部软流圈物质从150 km以下深处强势上升,直迫地壳,并将地壳拉开形成或深或浅的断裂。使软流圈物质进入地壳。笔者将这种现象称为地幔的蘑菇云构造(图1)(袁学诚,1996a,2007)。

嗣后,朱介寿等(2013)用S波地震层析对中国大陆岩石圈作了系统的研究,使得对中国岩石圈的结构和构造有了全面的了解。引用其中沿北纬40°、30°和20°断面(图2)。

研究朱介寿等的S波层析断面,中国岩石圈从浅到深还可以进一步细分成5层;

(1) 地壳;(2) 第一低速层(或壳幔过渡层);(3) 岩石圈地幔;(4) 第二低速层(软流圈);(5) 岩石圈地幔底层 。

在横向上,在不同的地点,上列分层的深度与厚度均不相同。

将S波地震层析断面与蘑菇云地幔模型相对比,可见,第一低速层几乎在所有断面上都普遍存在。它极可能与融点较低的酸性岩浆有关。第二

图1 上地幔内地幔蘑菇云构造示意图
Fig.1 Sketch map showing a mushroom structure in the upper mantle

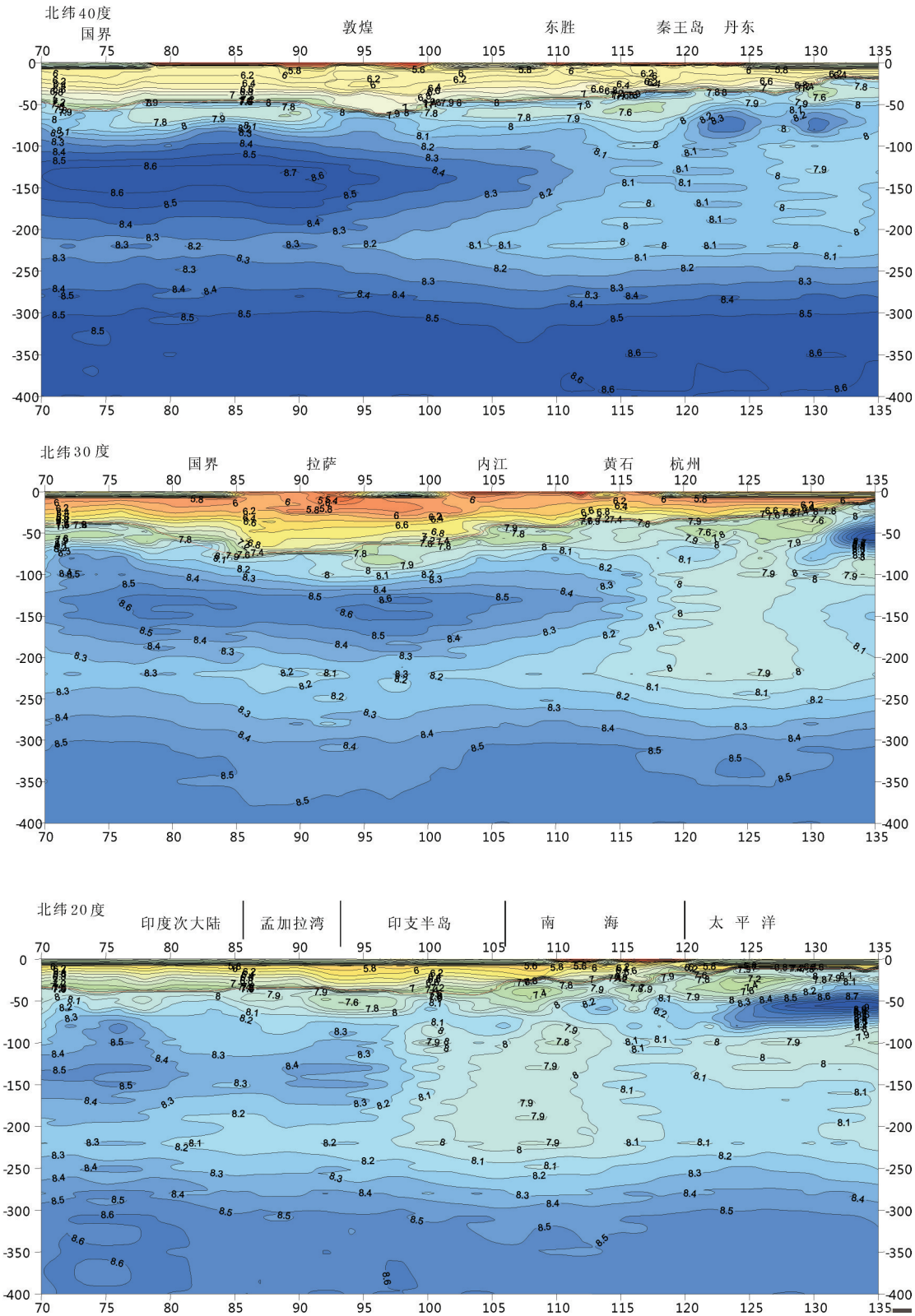


图2 中国境内S波地震层析剖面(据朱介寿,2013)

Fig.2 S wave seismic tomographic profile (after Zhu Jieshou, 2013)

低速层应该才是Barrell定义下的软流圈。软流圈是一个极其活动、穿透力极强的圈层,它的形状随地而异。在有的地区软流圈中有成群的蘑菇云构造穿透整个岩石圈地幔,直达地壳;有的地区它通过岩石圈地幔中软弱地带,沿崎岖小道,经艰难历程来到地壳;有的地区没有发育蘑菇云构造。

近年来低速带受到学者们的极大关注,认为低速带与油气藏有密切关系。本文将讨论低速层与生油的紧密关系。将从石油生成的物理化学条件出发,论述海相生油论、陆相生油论等都应该重新思考,石油不能在地壳内生成,只能在地幔内生成,被软流圈带到近地表。海相油田或陆相油田只是储层的储存环境不同,不是生成的场所不同。

3　海相生油理论、陆相生油理论与地幔生油理论

20世纪初,海相生物生油的观点占统治地位。石油地质学家用肉眼观察到世界上已有重要油田几乎都储存在海相地层中,认为石油生成于海洋环境,由海洋中有机物经光合作用生成。中国东部中、新生代没有海相沉积,因而长期受到"无油论"阴影下的困惑。

1954年,中央深感国内石油的匮乏,指示地质部要投入力量, 和石油工业部一起共同找油。刚刚建立起来的地质部物探局投入油田工作,但采取与石油部正在进行的找油气不同的思路。他们不是聚焦在已发现的油苗附近就矿找矿,进行详查勘探工作,而是学习苏联石油物探工作的经验,将物探工作部署在区域普查,对全国各个大盆地(华北、松辽、渤海、鄂尔多斯、准噶尔、塔里木、柴达木等),不管以往对它们油气远景如何评价,从1955年开始陆续组成石油物探普查队。进行全面积系统航磁(地磁)、重力普查。并每隔一定距离布置横穿整个盆地的反射地震剖面与电测深剖面。时隔3年,在横穿松辽盆地的大同镇处的黑土地下反射地震和电测深剖面发现有一个隐伏背斜,命名为大同长垣,施钻后出油,时间正好是新中国成立后的第十个年头。大同镇改名为"大庆"。大庆油田原油产自白垩系陆相储层,厚度达1000 m以上,油田规模约1000 km^2。大庆油田的发现使中国石油地质学家们认为陆相油气藏的形成不仅是可能的,而且可以形成很大规模的油气聚集,形成大中型乃至特大型油田。中国东部陆相地层中发现大庆油田后,接着又相继在陆相的中新生代地层中发现山东的胜利油田、天津的大港油田、辽宁的下辽河油田和河北的任丘油田等等重要油气田以及江汉、南阳、苏北、豫西南、陕甘宁、二连等油气盆地和含油气地区。陆相生油理论应运而生,认为陆相地层可以生油,并且可以形成巨大的油储。

陆相生油理论的诞生对海相生油论无疑是一个巨大的挑战,但也提出新问题,如:陆相盆地的油源物质是什么？这些油源物质又如何生成石油？同时并对大庆油田的发现历史造成一个解不开的疑团。人们不禁要问,大庆油田到底是陆相生油理论指导下的发现？还是实践成果总结产生的理论？如果不算教科书式的只要盆地就可能有油那种想当然论述,是哪一位地质学家曾指出在大同镇可以找到大油田？又是哪一位地质学家根据至今说不清楚为什么陆相地层能够生油的陆相生油理论指导了在大同镇布钻?并且一钻喷油?

从现今的认知来看,海相生油理论和陆相生油理论都不靠谱,不论是海相地层还是陆相地层都不能生油,油气是地幔内(软流圈)无机生成,然后运移到海相盆地或陆相盆地中聚集成藏的。

率先提出无机生油假说是在20世纪中叶,俄罗斯石油地质学家库德良采夫(Kudryavesev, 1973)和美国天体物理学家哥尔特(Gold,1982)。

无机生油论认为(袁学诚等,2012),原油的生成和近地表的生物物质没有根本联系,它们是生成于地幔内的非生物来源的碳氢化合物。

烷烃的分子式C_nH_{2n+2}中, n代表碳原子数。在常温常压下,n=1~4的烷烃呈气态,存在于天然气中;n=5~15的烷烃是液态,是石油的主要成分;$n>15$的烷烃为固态。

根据物理学热力学理论分析,甲烷是唯一一种在标准温压条件(温度为298.15 K;压力为101 kPa)下稳定的碳氢化合物,从甲烷形成直链烷属烃只有在压力>3 MPa、温度>700°C时(相当于地下深度约100 km)才有可能。

在二战期间,德国科学家Franz Fischer和Hans Tropsch ,在工厂里将一氧化碳和氢合成为烷烃(我国通常将这个流程称为费托合成),并生产了约占德

国二战期间20%的用油。根据费托合成流程,任何一个大学化工实验室都可以用一氧化碳和氢合成石油,可以说无机生油已得到实验的科学证明,但至今,却没有人能将有机物在实验室里制造出石油。在地壳内的温压条件下可以由生物变质形成天然气(如页岩气)。但从氧化的有机分子,如碳水化合物($C_6H_{12}O_6$)靠光合作用不可能生成重油。

物理学推论地幔生油假说的可信度要高于海相生油论和陆相成油论,因为它是有实验为基础的。不论海相生油论还是陆相生油论,都是从地表观察中得到的事实中外推得到的理论。从地表观察反推深部过程往往有很大的不确定性。全球最深的科学钻井是位于俄罗斯科拉半岛上的科拉3井(CY-3),井深12260 m。在科拉深井未完井前,全球地学工作者都认同地壳是由上部的花岗岩层与下部的玄武岩层组成的,两者的分界面称为康拉德面。地震探测发现科拉半岛深度为7 km处有一个明显的地震反射面,曾被认为它就是康拉德面。但科拉深井完工后使科学家们大跌眼镜的是科拉深井没有发现有花岗岩层和玄武岩层的分界面,整个井都是变质岩,7 km处以下富含水,康拉德面从此淡出视线。这也是全球地学工作者对地壳结构推断共同犯下的一个错误。

还可以找到地球内石油的生成在深度大于100 km的地球内部,也就是软流圈内的补充证据。2012年,笔者获得华北油田的粗略分布图,将它们的位置投到1996年最初得到的华北蘑菇云根部软流圈上涌处的图中,我们发现,所有已发现的油田均位于蘑菇云构造根部软流圈上涌处(图3)。它说明,石油生成于深度大于100 km的软流圈的温压条件下,并由蘑菇云构造将它携带到地表。我们在图2的断面图上深100 km处画了一条白线,在这条白线以上的区域的温压条件下,不可能生成石油,而在白线下部的地区内才可能生成石油。

无机生油理论的重要性还在于它的普适性。它叫停海相生油和陆相生油孰是孰非的长期争论,将海相生油、陆相生油等理论统一成一个生油理论:海相油田与陆相油田同根同源,它们都生成于高温高压下的地幔中,是软流圈把他们携带到地壳。两者像一对同时出生在地幔内的孪生兄弟,他们来到地壳,长兄占进了海相地层中,落户在大海,是海相户口。小弟一头占进了陆相地层中,落户在大陆,是陆相户口。海相地层的孔隙率要比陆相地层大得多,储油条件优于陆相地层,使得长兄早就被石油工作者看好。而小弟一直被冷落。

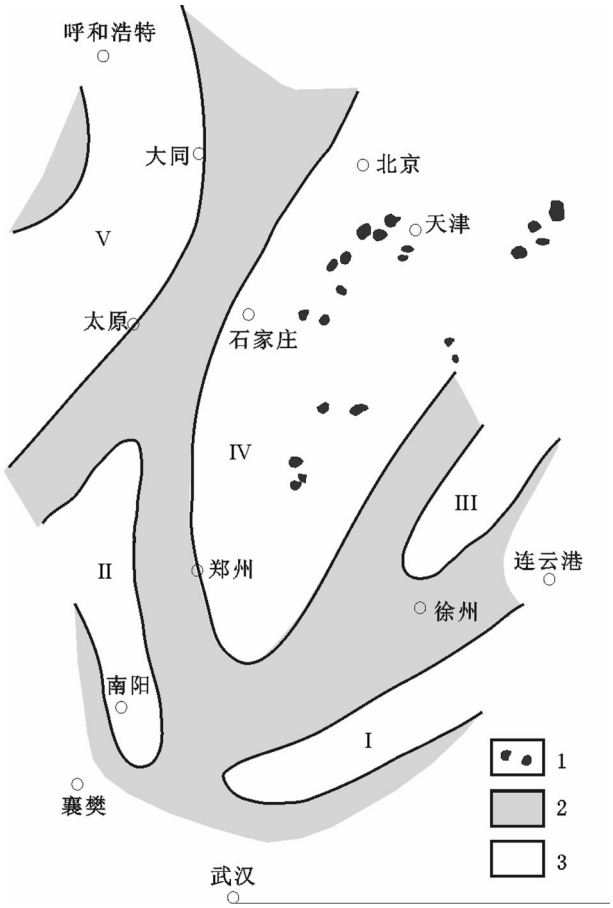


图3 华北岩石圈内的低速带及已发现油田
1—已验证油田;2—低速带软流圈上涌处; 3—正常地幔
Fig. 3 The distribution of stems of lithospheric mushroom cloud with the distribution of oil fields in North China
1-Discovered oil field; 2-Low velocity area; 3-Normal mantle

4 中国找油最有远景的3个地区

在深度为85 km和深度为100 km的S波地震层析切片图中(图4,朱介寿等,2013),可以明显的辨认出2个幔内低速带。即西太平洋低速带与东特提斯低速带。从地幔生油的理论来看,它们是中国找油最有远景的两个地区。

4.1 东亚西太平洋低速带

东亚西太平洋低速带是在中新生代时,东亚大

陆边缘岩石圈裂变所形成。它包括深浅、范围、形态各不相同的3个带,从西向东依次为:松辽—华北—东南沿海陆内裂谷带;日本海—黄海—东海—南海东亚边缘海裂谷带,以及四国海盆—帕里西维拉海盆—巴布亚新几内亚洋内裂谷带。

松辽—华北—东南沿海陆内裂谷带是中国最具开采价值的远景油区之一。中国东部陆区(尤其是华北和松辽)已发现有诸多油田,在S波地震层析断面图上,它们显示为一个范围很大的地幔蘑菇云构造群。华北地区幔内蘑菇云根部Ⅳ号低速带内(图3)已有多个在开采的油田。其余4个低速带区也都有远景,还有待进一步勘探工作去发现。东亚西太平洋低速带的这个图像一直到深度150 km、200 km依然清晰可见,并且在华北扬子地区更为明显。说明深部油源丰富。

日本海—黄海—东海—南海东亚边缘海裂谷带也是一个很好的油气远景区。已发现西湖海盆内的春晓油田,与油田对应有一个很好的低速局部异常(见85 km与100 km深度切片)。低速带向下延伸一直深达200 km(图4)。

四国海盆—帕里西维拉海盆—巴布亚新几内亚洋内裂谷带是西太平洋最壮观的幔内低速异常。在深度为85 km切片图上可清楚地辨认出,这个幔内低速带南起巴布亚新几内亚,向北延伸到日本四国。

4.2 东特提斯低速带

特提斯洋是一个长期存在,但位置和范围不断变化的古海洋,元古宙—早古生代的特提斯被称为前特提斯,晚古生代—早中生代的特提斯被称为古特提斯,晚中生代—新生代是它发展的鼎盛阶段,被称为新特提斯。这个洋横贯欧亚大陆的南部地区,与北非、南欧、西亚和东南亚的海域沟通。现今的地中海、黑海、里海、与咸海都是特提斯洋的残存部份。喜马拉雅造山带原本是特提斯洋的洋底,直到印度大陆与欧亚大陆碰撞,海底上升,青藏高原快速隆升,才形成当今全球最高的青藏高原。在深度为100 km的地震层析切片图上,东特提斯幔内低速带从海南岛、南海、加里曼丹岛、到印尼表现明显。

特提斯海是全球最富油气的地区。据此,中生代时,中国西部原应像当今中东国家一样,是一个盛产石油的地区。但是由于岩石圈受到印度和欧亚大陆的巨大猛烈碰撞变形的影响,油田遭到了破坏。残存的油田大都赋存在断裂、破碎带中,使得用地球物理寻找它们增加许多困难。

当深度小于70 km时(见15 km,25 km,40 km,70 km切片),S波低速区异常仅出现在西藏高原。无疑这个低速带当属第一低速带。它的构造意义是由于壳幔塑性物质的大量聚集,推动青藏高原急剧隆升。

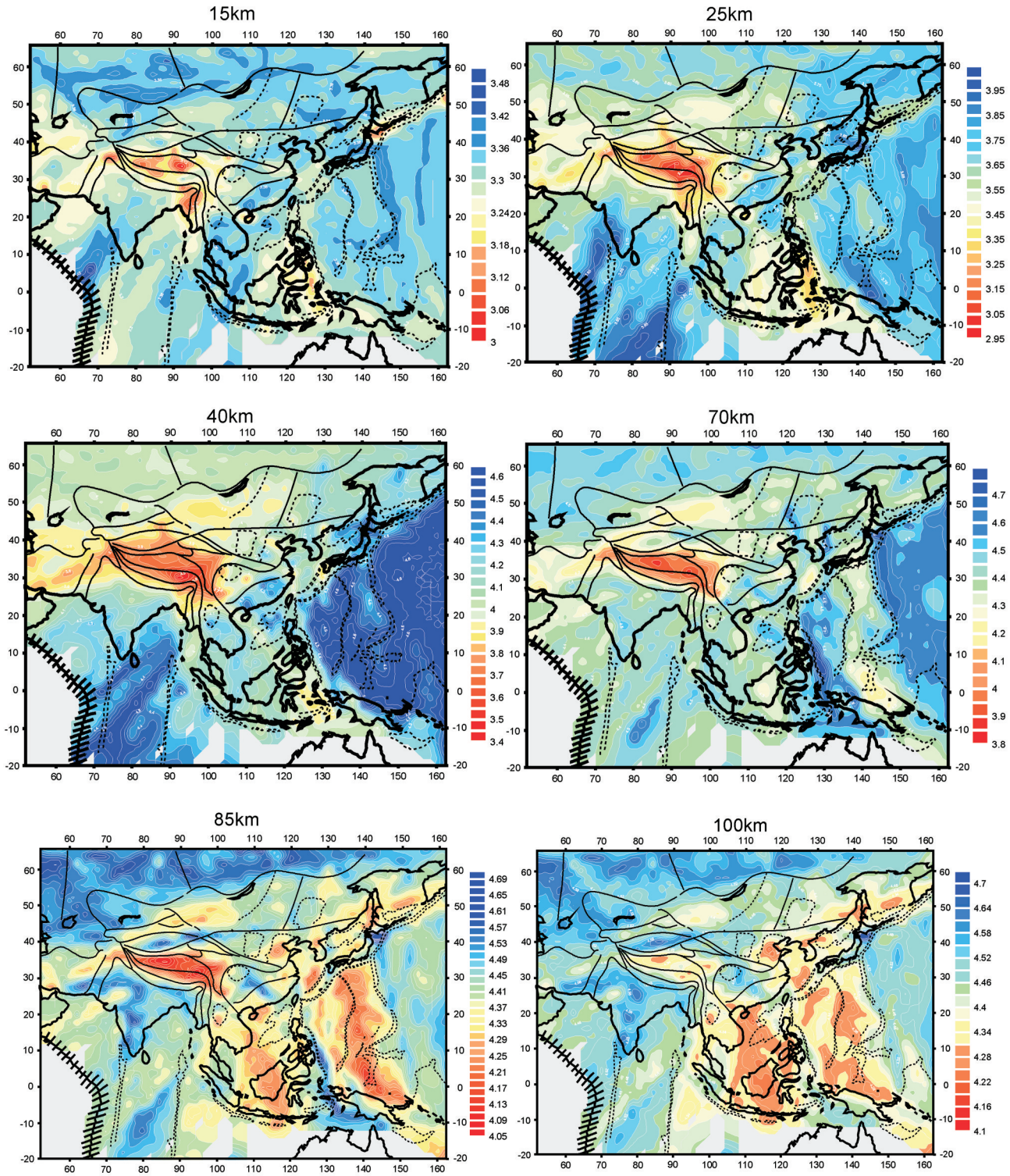
以东特提斯幔内低速带为例。它从北部湾上陆后,去向变得扑朔迷离,难于追踪,按照地表出露的地质、地球物理工作推测,它可能沿红河断裂延续到滇西地区。

国家地震局在滇西地区进行过大量的人工地震测深,地震层析,接受函数反演,大地电磁测深,大地热流等多种高质量地球物理工作(张智等,2006,2007;白志明等,2004;王椿镛等,2003)。综合这些成果,切过地幔深度为75 km的切片图的南部有一个梨形的地幔低速区(图5),低速区内速度小于4.4 km/s,推测是局部熔融上升地幔物质的反映。低速区包括临沧、耿马、景谷、楚雄、新平、红河等地区。小金河、哀牢山、红河等断裂密集带斜穿低速区的中央,将这些这些结果综合在一起,可以勾画出滇西岩石圈地幔顶部低速区位置,在平面图上,它位于祥云—楚雄—景谷—哀牢山与无量山之间,在这个地区局部熔融地幔物质向地壳涌入,它极可能是滇西地区找油的远景地区之一。在它的驱动下地幔物质涌入地壳向四周流动扩张。在这个通道的东北是兰坪盆地,西南是思茅盆地,东北是楚雄盆地,三个盆地具有相似的构造背景,它们是约在5 Ma时隆升的,哀牢山—无量山将它们一分为三。从区域找油来看应该将三个盆地予以同等重视。这个地区普遍分布有盐矿层,如果钻遇岩盐层,一定要将岩盐层钻透,盐是油气层最好的盖层。

除了上述2个幔内低速带外,还值得重视的是新疆的深断裂分布地区。

4.3 新疆深断裂分布地区

我们虽然不论直接用钻探打到油源赋存处,但通过深大断裂将油气可以运移到近地表。尤其是在中国西部,由于受到印度板块的强烈推挤,原来已成藏的油气聚集受到破坏,开始新的长征。必须要找到它们的通道去路。一般情况下,西部受到近南北方向的挤压,常形成东西方向的褶皱,切断这些


15km
25km
40km
70km
85km
100km

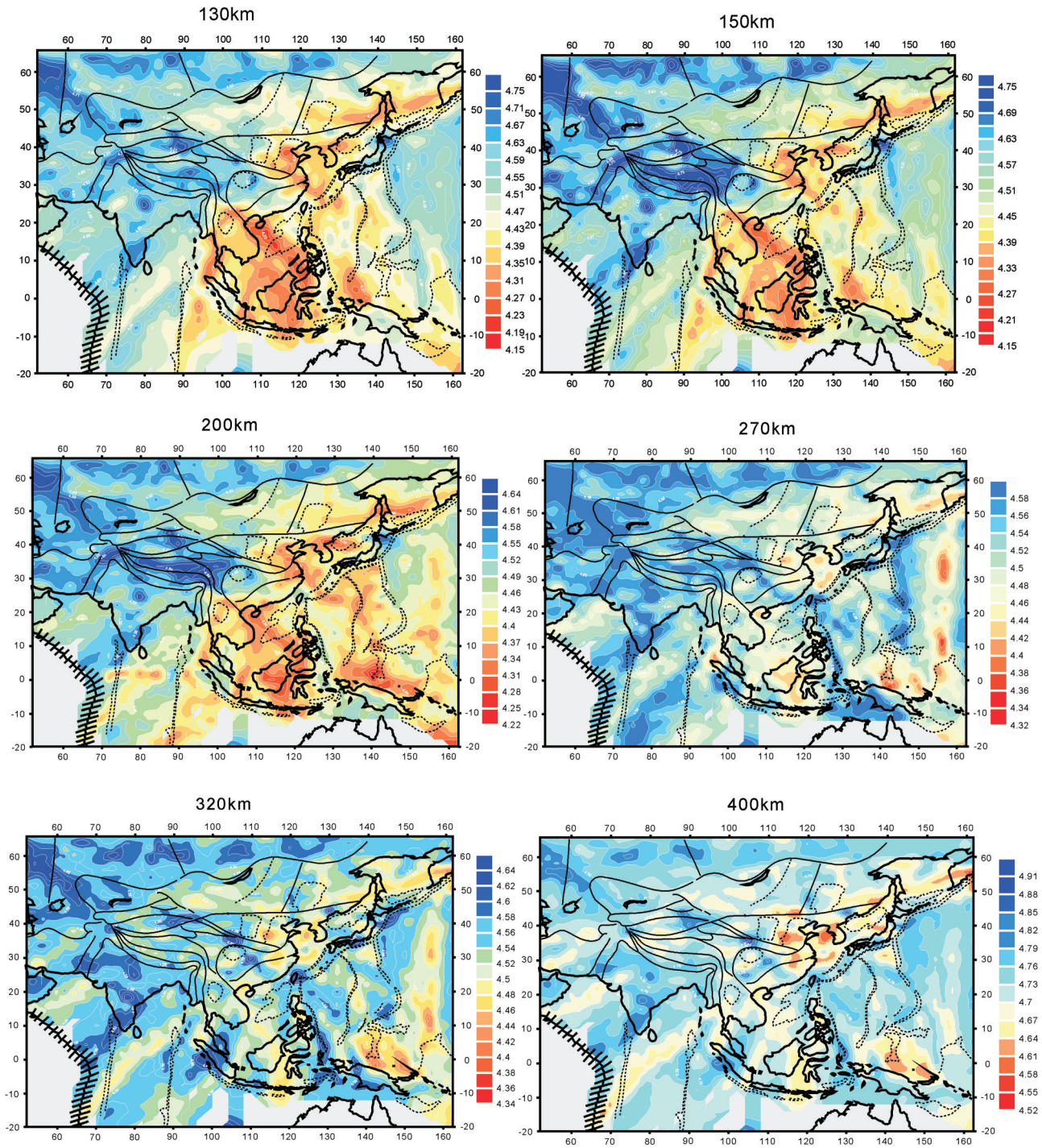


图4 中国及邻近陆域海域S波三维速度分布(15~400 km)

Fig.4 3D S wave velocity distribution of China and its adjacent areas (15−400 km)

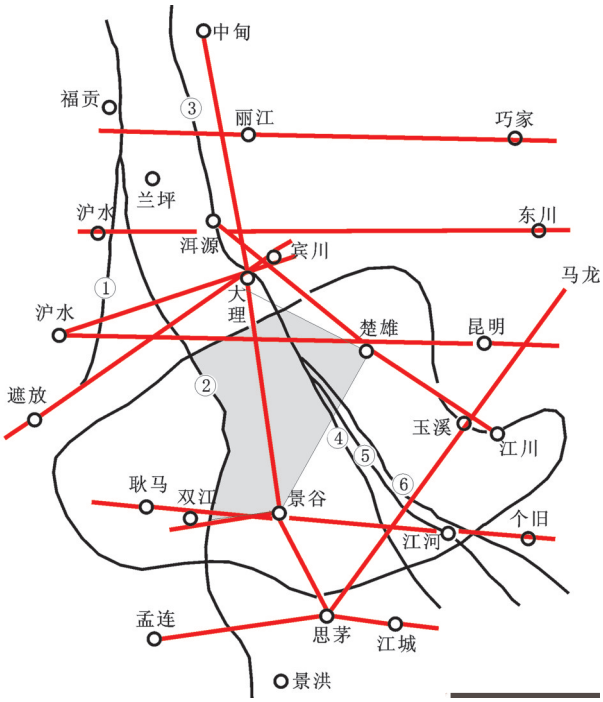


图5 滇西地球物理深部探测部分工作

①—怒江断裂;②—澜沧江断裂;③—金沙江断裂;④—小金河断裂;⑤—哀牢山断裂;⑥—红河断裂.红色线条:宽角反射地震剖面位置。黑色细线:地质界线。黑色粗线:接受函数确定的地幔顶部低速区界线。淡黑色区域:宽角反射地震确定的地幔顶部低速区范围

Fig. 5 Layout of geophysical profiles in western Yunnan Province

①-Nujiang fault;②-Lachangjian fault;③-Jingshajiang fault;④-Xiaojinsha fault;⑤-Ailao Mountain fault;⑥-Honghe fault

Red line: Position of wide-angle seismic profile; Black fine line: Geological boundary; Black bold line: Top boundary of low-velocity layer by receiving function method; Light black area: Top boundary of low velocity area determined by wide-angle seismic sounding

褶皱的南北向断裂有利于油的运移.

图6是中国西部101-180阶卫星重力异常的异常轴图,按Bowin近似关系式计算,101-180阶卫星重力异常的深度约为65~36 km(袁学诚,1996b)。

从101-180阶卫星重力异常轴图中可以识别出中国西部有4个近南北不连续带,它们可能是区域性大断层或区域韧性剪切带。它们都可能是深部油气的通道。

(1)巴彦敖包—西宁不连续带:巴彦敖包—西宁不连续带在2-360阶和2-180阶卫星重力异常上均有明显显示。它是新疆盆山构造的东界。北起蒙古的巴彦敖包,到中蒙边界约为东经105°E处,与近年来颇受地学界重视,被认为是划分中国东部与西部岩石圈的分界线的南北地震带相近。它往南延伸到西宁,更南可能延续到甘孜,察隅。此不连续带的两侧,重力异常特点不同。在此带以西,重力异常带的走向近似东西,如:淖毛湖—乌力吉重力低,北山重力高,河西走廊重力低等。所有这些重力异常带到巴音敖包—西宁不连续带处嘎然而止。此带以东重力异常走向突然变为近南北。

(2)淖毛湖—茫崖不连续带:淖毛湖—茫崖不连续带与2-360阶卫星重力图上的下马崖—白山断裂相近,略偏东。如果它们是同一断层,那么可能断层面向西倾斜。在2-180阶,101-180阶和50-100阶卫星重力异常图上,这一连续带均有明显显示。它从蒙古的阿尔泰经伊吾、哈密、到青海茫崖。不连续带两侧,构造明显不协调,天山重力高到这不连续带消失,其东在它的延伸线上出现淖毛湖—乌力吉重力低。天南重力低到这里中止。

(3)于田—克里雅河不连续带:于田—克里雅河不连续带在2-360阶卫星重力异常图上反映清晰。在101-180阶卫星重力异常图上不连续带靠低重力值识别出来。巴楚重力高、和田重力低、西昆仑重力高和它们的东部异常明显不协调,并且在不连续处,重力异常走向突然由北西-南东走向转为北东-西南方向。

(4)阿拉木图—塔什库尔干不连续带:也是靠低重力值识别出来,在2-360阶重力异常图上有明显显示。穿过阿拉木图—塔什库尔干不连续带,纳伦重力高变成塔北—吐哈重力低,喀什重力低变成巴楚重力高。

虽然深达100 km以下的含油层,目前的钻探水平无论如何也无法钻透,但在找油新领域中,地球物理仍然应该撒更大的网,要深入探测岩石圈的结构和构造。同时,要注意寻找探测软流圈上升的地区和深度。在今后的工作中,各种常规地球物理方法都是需要的。尽可能得到油层的三维模型,要进行过细的Vp波地震层析工作,圈定油层的三维结构,在探井密集处进行井间地震波透视和电磁波透视,在钻井中进行地球物理测量。

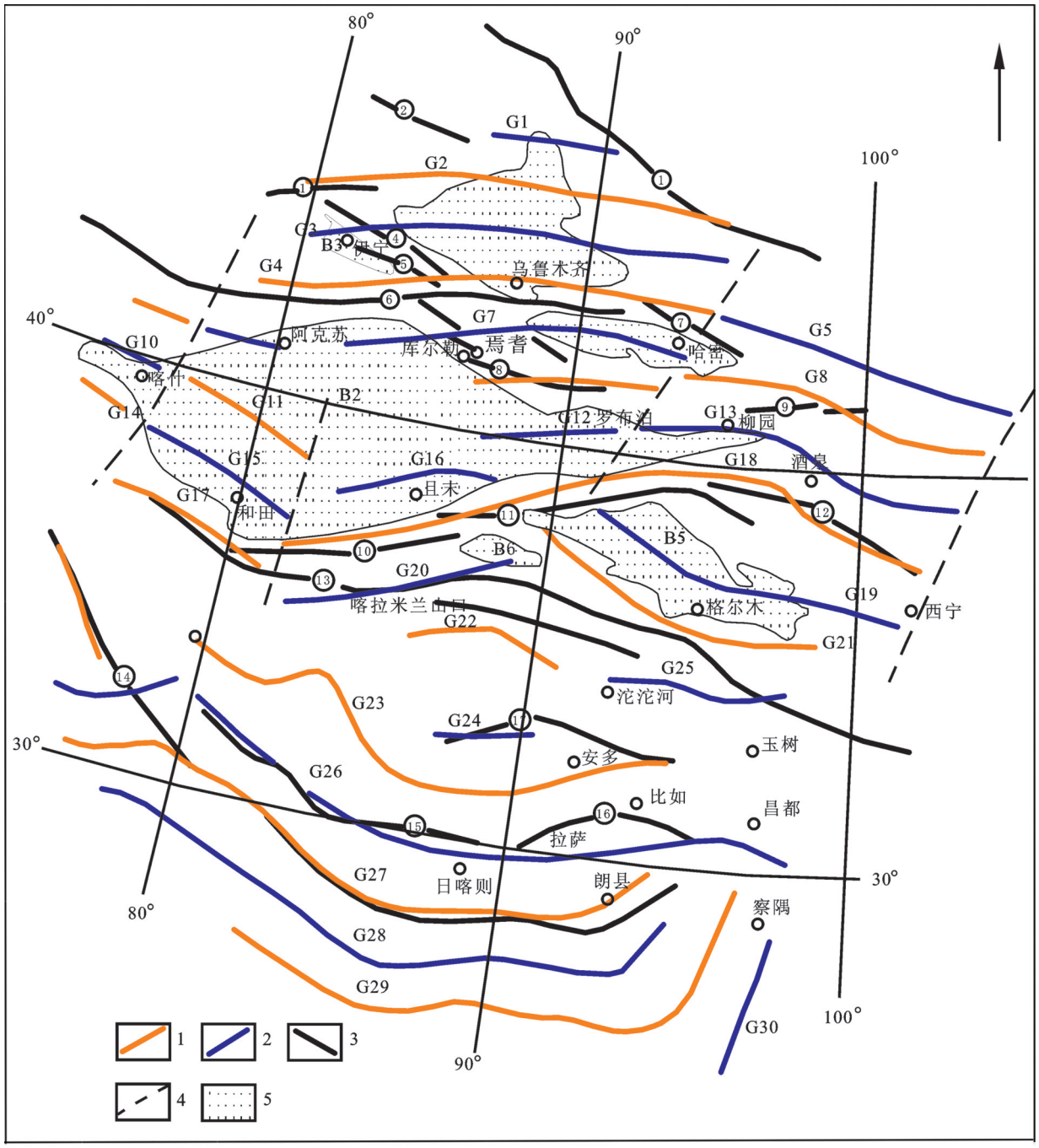


图6 中国西部101−180阶卫星重力异常

1—重力高异常轴,2—重力低异常轴,3—山岭:①—阿尔泰山;②—塔尔巴哈台山;③—阿拉套山;④—婆罗科努山;⑤—察布查尔山;⑥—天山;⑦—巴里坤山—哈尔库克山;⑧—库鲁克塔山;⑨—北山;⑩—昆仑山;⑪—阿尔金山;⑫—祁连山;⑬—唐古拉山;⑭−喜马拉雅山;⑮—冈底斯山;⑯—念青唐古拉山。4—推断断层,5—盆地:B1—准格尔盆地;B2—塔里木盆地;B3—伊宁盆地;B4—吐哈盆地;B5—柴达木盆地;B6—库木库里盆地,

Fig.6 101−180 satellite gravity anomaly

1−The axis of gravity high, 2−The axis of gravity low: 3−Mountains:①−Altay Mountain;②−Tarbagatai Mountain;③−Alataw Mountain;④−Borohoro Mountain;⑤−Qapqal Mountain; ⑥−Tianshan Mountains;⑦−Barkol Shan−Harlik Mountain;⑧−Kuruktag Mountain;⑨−Beishan Mountain;⑩−Kunlun Mountain;⑪−Altun Mountain;⑫−Qilian Mountain;⑬−Tanggula Mountain;⑭−−Himalaya Mountain;⑮−Gangdise;⑯−Nyainqentanglha Mountain; 4− Interpreted faults

5−Basins:B1−Junngar basin;B2− Talim basin;B3−Yili basin;B4 −Tuha basin;B5− Caidam basin;B6−Kumukuli basin

致谢:成文后承蒙审稿专家及编辑提出建设性意见,在此一并致以中心感谢。

References

Bai Zhiming, Wang Chunyong. Tomography research of the Zhefang−Binchuan and Menglian−Malong wide−angle seismic profiles in Yunnan Province[J].Chinese J . Geophys., 2004 ,47 (2): 257−267 (in Chinese with English abstract).

Barrell Joseph, 1914, The strength of the earth’s crust[J].Jour. Geology, 32: 289−314.

Gold T. Sctch S. 1982. Gliogenic methane and the origin of Petroleum[J]. Energy Exploration and Exploitation, 1(2): 89-104.

Kudryavtsev N A. 1973. Oil and Gas Origin[M]. Nedra, Moscow, 216 (in Russion).

Wang Chunyong, Han Weibin, Wu Jianping, Lou Hai, Bai Zhiming. 2003. Crustal velocity structure of the Songpan−Ganzi orogen[J]. Acta Seismologica Sinica, 25: 229−241(in Chinese with English abstract).

Wang Chunyong, Wu Jianping, Lou Hai. 2003. The P wave velocity structure of East−Tibet and West Yunnan[J]. Science in China (SeriesD), 33 (supp.): 181−189.

Yuan Xuecheng. Velocity structure of the Qinling lithosphere and mushroom cloud model[J]. 1996a, Science in China (SeriesD), 26 (3): 209−215(in Chinese).

Yuan Xuecheng. 1996b. Atlas of Geophysics in China[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).

Yuan Xuecheng. 2007. Mushroom structure of the lithospheric mantle and its genesis at depth:revisited[J]. Geology in China, 34(5): 737−758(in Chinese with English abstract).

Yuan Xuecheng, Zuo Yu, Cai Xuelin, 1989. Lithospheric structure and geophysics of the South China Plate[C]//Acta Sismologica Sinica(ed.).Advance of Ggeophysics in the 1980s in China.Beijing: Academic Books and Periodicals Publishing Company(in Chinese).

Yuan Xuecheng, Li Shanfang. 2012. The abiogenetic petroleum origin hypothesis and its application in China[J].Geology in China,39(4): 843−854(in Chinese with English abstract).

Yuan Xuecheng. 2015. 3D lithospheric structure of western China and its enlightenment on petroleum prospecting[J]. Geology in China, 32(1):1−12(in Chinese with English abstract).

Zhang Zhi, Zhao Bin, Zhang Xi. 2006. Crustal structure beneath the wide−angle seismic profile between Simao and Zhongdian in Yunnan[J]. Chinese J. Geophys. (in Chinese) , 2006 , 49 (5) :1377−1384(in Chinese with English abstract).

Zhang Zhi, Xu Chunming, Meng Buzai.2007.Crustal reflectivity characters from the Eryuan−Jiangchuan wide−angle seismic profile. Chinese J .Geophys., 50(4): 1082−1088(in Chinese with English abstract).

Zhu Jieshou, Cao Jiammin, Yan Zongqiong. 2013. China and its adjacent regions lithospheric surface wave Imaging[C]//Li Tingdong (ed.). 3D Lithospheric Structure of China,Volume 2,431−438(in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

白志明,王椿镛, 2004.云南遮放—宾川和孟连—马龙宽角地震剖面的层析成像研究[J]. 地球物理学报,47 (2) :257−267.

王椿镛, 韩渭宾, 吴建平, 楼海,白志明,2003.松潘—甘孜造山带地壳速度结构[J].地震学报, 25: 229−241.

王椿镛, 吴建平, 楼海. 2003. 川西藏东地区的P波速度结构[J]. 中国科学(D辑), 33(增刊): 181−189.

袁学诚.1996a.秦岭岩石圈速度结构与蘑菇云构造模型[J]. 中国科学(D辑), 26(3): 209−215,

袁学诚.1996b.中国地球物理图集[M].北京:地质出版社.

袁学诚. 2005. 论中国西部岩石圈三维结构及其对寻找油气资源的启示[J]. 中国地质,32(1) :1−12.

袁学诚. 2007. 再论岩石圈地幔蘑菇云构造及其深部成因[J].中国地质, 34(5): 737−758.

袁学诚,左愚,蔡学林,朱介寿,1989,华南板块岩石圈构造与地球物理[C]//地球物理学报编辑委员会主编.八十年代中国地球物理学进展. 北京:学术书刊出版社, 243−249.

袁学诚, 李善芳. 2012. 无机生油假说及其在中国的应用远景[J].中国地质, 39(4):843−854.

张智, 赵兵, 张晰. 2006. 云南思茅—中甸地震剖面的地壳结构[J]. 地球物理学报, 49 (5) :1377−1384.

张智, 徐春明, 孟补在. 2007. 洱源—江川宽角地震剖面的地壳反射特征[J]. 地球物理学报, 50 (4): 1082−1088.

朱介寿, 曹家敏, 严宗琼, 2013. 中国及邻区岩石圈面波层析成像[M]//李廷栋,袁学诚,等主编.中国岩石圈三维结构(中卷). 北京: 地质出版社, 431−438.