

# 塔里木盆地北部地区常规原油分布的控制因素<sup>①</sup>

翟晓先

(地矿部西北石油地质局地质大队, 乌鲁木齐 830011)

陈正辅

(地矿部石油地质中心实验室, 无锡 214151)

本文根据塔北地区油气产出特点及成因机制, 详细探讨了常规原油分布的控制因素, 指出常规原油主要受成藏时间、油气源区、运聚条件、保存条件和构造条件等因素控制, 它们的共同作用和影响决定了常规原油在区域上的分布。在诸多控制因素中, 尤以源区源岩热演化程度以及成藏时及其后的保存条件最为重要。

关键词 塔里木 常规原油 控制因素

第一作者简介 翟晓先 男 40岁 高级工程师 石油地质

经地矿和石油两部门 10 多年来的大规模勘探, 塔里木盆地北部地区(简称“塔北地区”, 下同)已成为盆地内重要的油气产区之一。同时勘探实践表明, 塔北地区油气产出结构相当复杂, 既有重质油, 也有常规油、轻质油和凝析气, 也有干气, 从目前已发现的油气田(藏)的油气产出结构特征看, 天然气占有相当大的比例。而近期要在塔北地区乃至整个塔里木盆地大规模地开发利用天然气, 尚存在不少困难。因此, 如何以有限的投入多快好省地寻找到能充分发挥经济效益的常规原油, 更快更好地积累和储备资金, 为大规模开发利用丰富的天然气资源奠定基础, 是当前我们所面临的迫切任务。本文根据塔北地区油气的产出特点以及油气的成因机制<sup>②</sup>, 结合“八五”国家科技攻关成果, 试图对塔北地区常规油分布的控制因素作一初步探讨。

## 1 成藏期与常规油分布

研究表明, 不论是塔北还是塔中地区, 各层位油气田(藏)成藏时期明显不同, 即使是同一层位在不同地区成藏时期也不同。但无论是不同地区同一层位的油气藏, 还是同一地区不同层位的油气藏, 只要成藏时间一致, 则油气产出特征就往往具有相似性

或较多的共同点。如雅克拉凝析气田, 震旦系、寒武系、下侏罗统和下白垩统四个层位, 最终成藏时间均为上新世末期——库车期, 油气产出均为凝析气, 初始气/油比变化于 1422~4747 之间。又如东河塘油气田和阿克库勒凸起的石炭系产层, 前者成藏期始于海西晚期, 油气产出为黑油, 初始气/油比全部小于 15m; 后者成藏始于晚白垩世以来, 油气产出则为高初始气/油比的凝析气, 初始气/油比高达 4392~5250。这一特征在海相油气田(藏)中表现得尤为突出, 表明在海相油气田(藏)中, 其常规油的分布受控于成藏期, 成藏过早的多见重质油以致油气被完全破坏的产物——储层沥青, 而成藏太晚则以凝析气为主, 甚至出现干气, 常规原油多分布于中期成藏区。

## 2 油气源区与常规油分布

塔北地区有两大油气源区, 即北部库车拗陷三叠—侏罗系陆相油气源区和南部阿瓦提—满加尔拗陷(含草湖凹陷)为主体的以奥陶系为主要源岩的海相油气源区。目前塔北地区所发现的油气田(藏)全部位于已确证的油气源区内或紧邻油气源区, 由于几个区域不整合面具有良好的输导条件, 油气的产

① 国家“八五”重点科技攻关部分成果

② 另文讨论

出与分布和距油气源区的距离不存在十分明显的相关关系,而不同油气源区内母岩的成熟度与油气的产出及分布都有着十分密切的关系,控制着常规油在区域上的分布。

对陆相油气聚集带而言,其油气的产出与分布

与相邻源区母岩的热演化程度之间存在着良好的对应关系(图 1);库车拗陷侏罗系源岩喜马拉雅晚期的热演化程度在平面上呈明显的三个分区,东部依奇克里克—阳霞一带,为  $R^o$  等于 0.42%~0.65% 的低成熟区,资源结构以低成熟度凝析油气为主;中

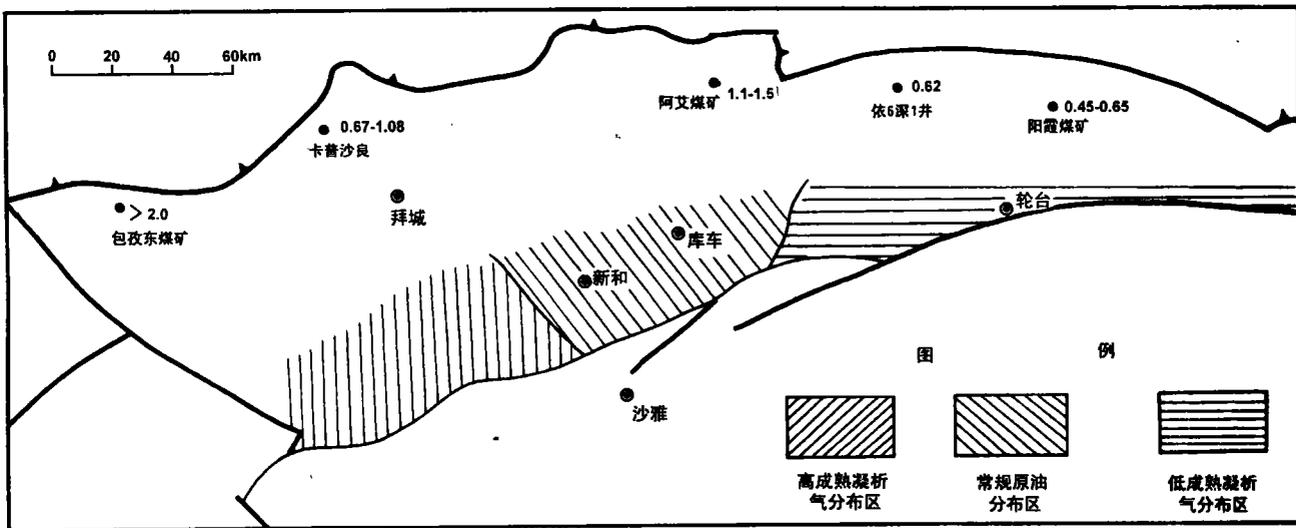


图 1 塔北陆相油气聚集带油气产出状况与侏罗系源岩喜马拉雅晚期成熟度关系

部拜城—库车河一带为  $R^o$  分布于 0.8%~1.0% 的成熟区,正处于生油高峰阶段,资源结构以常规油为主;拜城以西地区源岩成熟度自东而西逐渐升高, $R^o$  从大于 1.0% 到包孜东地区升高为  $>2.0\%$ ,为高成熟—过成熟区,资源结构从轻质油、高成熟度凝析气到干气。与此相对应,在库车拗陷南斜坡—沙西凸起北部近东西向延伸的羊塔克库都克—英西—牙哈—轮台陆相油气聚集带,油气产出结构在平面上也呈明显的三个分区,东部的牙哈 2、3 井区—轮台地区,为典型的低成熟度凝析气分布区,正对着依奇克里克—阳霞源岩低熟区;中部红旗—牙哈 1~7 井区为初始气/油比小于 500 的常规原油为主的地区,其所对应的正好是拜城—库车河一带的源岩生油高峰期;西部英西—羊塔克库都克整体为一个高至特高初始气/油比的高成熟凝析气分布区,而且愈向西初始气/油比愈高,至羊塔克库都克已出现初始气/油比大于 2500 的干气,其所对应的源区恰恰为高至过成熟区,而且源岩热演化程度也是自东向西升高,向西已演化至干气阶段。

上述规律表明,对于晚期成藏的陆相油气田(藏),源区母岩的热演化程度严格控制着油气的产出状况及区域分布,常规油的分布区域一般对应源

区的生油高峰期。

海相油气由于产层不同,成藏期不同,情况要比陆相油气复杂的多。

中生界产层成藏期始于燕山期,主成藏期为燕山晚期至喜马拉雅早期结束于喜马拉雅中期,源岩以奥陶系为主。在喜马拉雅早期,下奥陶统顶面热演化程度在跃参 1 井—沙 32 井以北及阿克库勒凸起东斜坡以西地区, $R^o$  全部小于 1.3%,处于生油高峰期,资源结构以常规原油为主,而此时成藏的轮南、阿克库勒三叠系和下白垩统常规油油藏,正好位于这个源岩生油高峰期,二者具有良好的相关性(图 2),同样表明常规油的分布区受控于成藏时源岩的热演化程度。

到喜马拉雅晚期,阿克库勒凸起及其附近下奥陶统源岩热演化程度进一步提高, $R^o < 1.3\%$  的范围已缩至东达里亚以北,其余大部分地区为  $R^o = 1.5\% \sim 4.0\%$  的凝析气—干气,而此时成藏的东达里亚油气田,正好位于源岩  $R^o$  为 1.3%~1.5% 的区域(图 3),其本身又是一个初始气/油比高达 1604~2129 的具底油(或油环)的凝析气田。此外,成藏期研究亦表明,阿克库勒三叠系油藏的气顶也于此时形成,这似乎说明,相对较早期成藏的常规油藏,

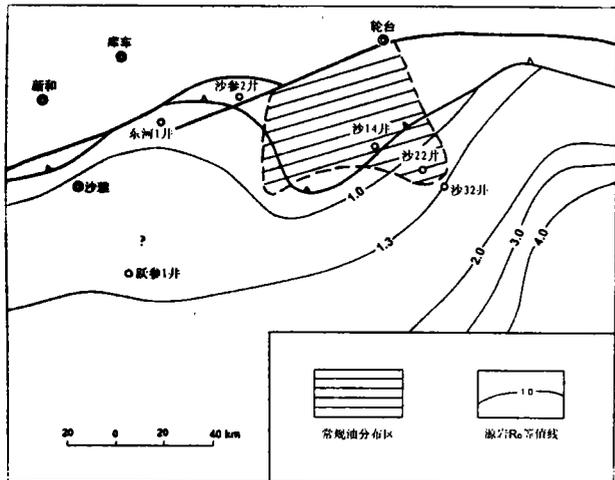


图 2 塔北中生界产层油气产出状况与下奥陶统源岩顶面喜马拉雅早期成熟度关系图

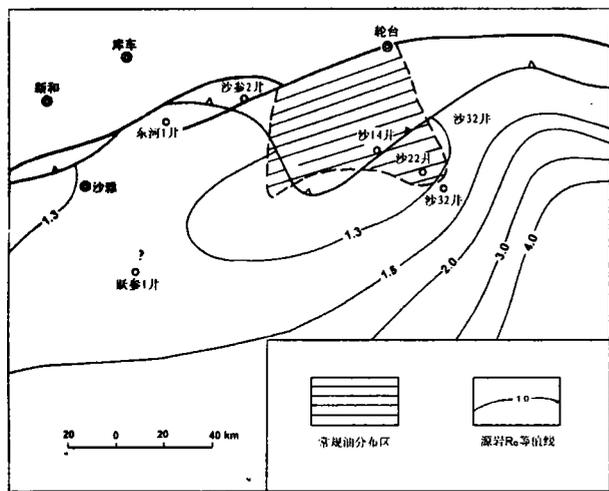


图 3 塔北中生界产层油气产出状况与下奥陶统源岩顶面喜马拉雅晚期成熟度关系图

在晚期当源岩热演化程度进一步提高时,尚存在一个进一步向藏内充注天然气的过程。

古生界产层所表现的特征大体与中生界产层相似,只是演化阶段更高一点而已,不复赘述。

综上所述,无论是海相油气还是陆相油气,常规油的分布区均对应于源岩的生油高峰区,对主要源于奥陶系的海相油气,由于受多期成藏的影响,早期常规油藏往往会因后期源岩热演化程度的提高而大

量注气转化为带气顶的油藏或凝析气藏,也会因藏内进一步演化发生相态转化而成为凝析气藏,这也是前面所述为什么成藏愈晚愈是凝析气藏抑或是纯气藏的原因所在。

### 3 油气藏保存条件与常规油分布

已有资料表明,塔北地区以新生界为主要产层的羊塔克库都克—英西—牙哈—轮台陆相油气聚集带,其储盖组合发育完善,油田水分析显示其无论是不同成熟度凝析气分布区还是常规原油分布区,均具有良好的封闭保存条件,常规原油几乎没有经受过任何后生变化,因此,其油气产出特征及其分布主要受控于源岩的热演化程度。而海相常规油则或多或少都遭受了程度不等的后生改造,绝大多数为与后生变化有关的常规油,其分布与不同地区油气成藏后的保存条件关系十分密切。

古生界产层海相油气藏主要成藏期为海西期,如表 1 所示,此时除奥陶系外,石炭系—志留系为封盖性能差—中等的盖层。此外海西晚期也是塔北地区构造活动最剧烈的时期,隆起区遭受强烈的剥蚀,高部位大部分地区的志留—石炭系乃至中上奥陶统均被剥蚀,保存下来的也因剧烈的剥蚀而致使厚度大幅度减薄,因而该成藏期是一个盖层封盖性能最差,油气破坏严重或遭受的次生改造最剧烈的时期,大多数油气田(藏)被彻底破坏,如胜利 1 井古油藏等,保存下来的也遭受水洗氧化而成为残留重质油,如英买 2 号油田,初始气/油比几乎趋于零,原油密度高达 0.9104~0.9657。这表明尽管海西期是下奥陶统源岩的大规模重要供油期,但油气保存条件较差,可以保存重质油藏的地区,应该是离开古隆起剥蚀剧烈的高部位,沿斜坡下倾方向保存有石炭—志留系盖层的地区,若进入拗陷,封盖保存条件变好,但如前所述,后期源岩热演化程度的升高和藏内热演化均有可能改变藏内的相态。因此对海西期成藏的历经后期次生变化和改造的残留常规油而言,其与保存条件的关系似乎是:太差的保存条件往往不能保留可动原油,太好的保存条件又因源岩和藏内热演化而转化为凝析气藏,而中等保存条件则是寻找类似英买 2 号和东河塘油田残留重质油以至次生改造常规油的最佳条件。

印支—喜马拉雅中期是塔北石炭系和中生界产

表 1 塔北地区不同层位盖层封盖性能简表

时代	N <sub>2k</sub>	N <sub>1k</sub>	N <sub>1j</sub>	K <sub>2</sub> -E	K <sub>1k</sub> p	J	T	P	C
层位									
N <sub>1j</sub>	好	好	好	差	差	差	差	差	差
K <sub>1k</sub> p	好	好	好	差	差	差	差	差	差
J	好	好	好	差	差	差	差	差	差
T	好	好	好	差	差	差	差	差	差
C	好	好	好	差	差	差	差	差	差
S-D	好	好	好	差	差	差	差	差	差
O	好	好	好	差	差	差	差	差	差

好     
  中等     
  差

层海相油气的重要成藏期,从表 1 可见,印支—燕山期除石炭系为好盖层外,三叠系为较差盖层,下侏罗统和下白垩统则不具封盖性。到喜马拉雅中期,三叠系演化为中等—好盖层,下侏罗统和下白垩统为差—中等盖层,而上白垩统一下第三系则不具封盖性。此外相对海西期而言,印支—喜马拉雅中期构造活动较弱,因此在此期间因构造活动而导致的油气破坏并不剧烈,油气保存条件总体看来为中等—好,而且愈晚其保存条件愈好。

在该成藏期成藏的轮南—阿克库勒三叠系和下白垩统油藏,其初始气/油比几乎全部小于 200,一般分布在 50~100 之间,原油密度多分布在 0.8392~0.9437 之间,而且以 0.85 左右为主,为低初始气/油比,密度偏重的经微弱次生改造的常规油。而此时在石炭系产层成藏的油气,初始气/油比一般均大于 4000,原油密度多小于 0.8,为凝析气藏。前已述及,此成藏期三叠系盖层和白垩系盖层的封盖性能比石炭系差,这似乎表明,在其他条件相同的情况下,保存条件愈好,形成以常规油为主的油藏的可能性愈小,而形成凝析气藏和具气顶的油藏抑或具油环的凝析气藏的可能性较大。究其原因,大概是在中等程度的保存条件下,油气藏经受一定程度的改造,轻质组分发生逸散而整个油气藏不致破坏的缘故。上述特征在由油田水中有机的正构烷烃和类异戊二烯烷烃的轻重比所指示的保存条件指标中也表现得十分清楚(图 4)。

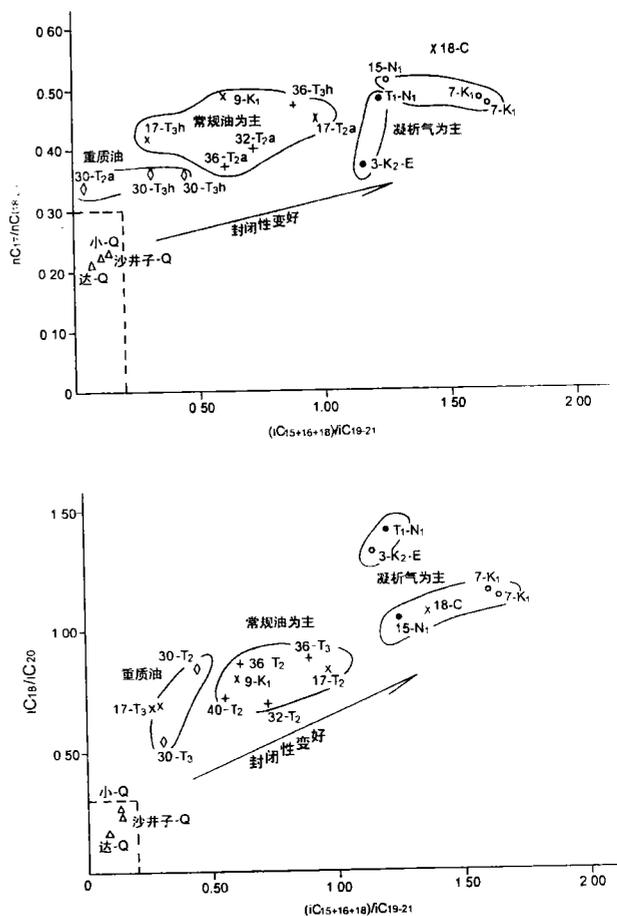


图 4 地层水中有有机质封闭参数与油气产生状况的关系

## 4 运移聚集条件与常规原油的分布

地下流体势分布特征能较好地反映油气的运移状况和分布特征,特别是油势的分布更能较好地指示常规原油的运移方向、途径及有利的聚集部位。据大致反映古生界产层常规油分布状况的6000m埋深油势和气势分布特征<sup>①</sup>揭示,沙西南部、东河塘—雅克拉中段、哈拉哈塘以及阿克库勒等地区是古生界产层常规原油分布的主要地区,而事实上近年来塔北地区所发现的古生界常规油藏,也主要分布在这些地区,如英买2号油田(奥陶系产层),东河塘油田(石炭系产层),雅克拉油气田(雅开1井奥陶系产层),轮南(轮南1井奥陶系产层),表明6000m油势切片所指示的原油运移聚集的有利部位,绝大部分与现今古生界产层常规油的分布相吻合。值得注意的是,阿克库勒地区虽然存在奥陶系初始气/油比小于650的油层,但其所占比例仅有35%,这种不吻合现象,主要是由这一地区多期成藏、晚期成藏时源岩热演化程度增高、不断向先期成藏的黑油油藏注气所造成的。

由4000m油势切片所反映的中新生界产层常规油的运移方向显示其运移主要呈两种形式,一种是连片分布的高势区原油呈发散状向四周低势区运移,或者是零星分布的高势区的原油向正常低势区呈发散式运移,属于这类运移形式的低势区主要是顺托果勒隆起。另一种为连片分布的高势区内的原油向其内分布的相对低势区运移,主要的相对低势区为阿克库勒和解放渠东,目前塔北地区中生界产层所发现的源于奥陶系的海相常规油油藏,正好位于这两个重要的相对低势区内,甚至其油藏与相对低势区的范围和形态都十分相似。

## 5 构造条件与常规油分布

构造条件是油气成藏历程中的重要因素。塔北地区油气成藏过程中有两期重要的构造运动,即海西期和喜马拉雅期,受这两期构造运动影响,纵向上可划分为3个各具特色的成藏系统,而这3个成藏系统又在很大程度上控制着塔北地区油气的产出和分布特点。

下成藏系统由于受海西晚期运动在塔北地区整体所表现的南北向强烈挤压作用的影响,形成近东西向分布的基底卷入型压性构造组合,圈闭类型有挤压褶皱背斜、牵引背斜、背冲断块、断鼻和盐拱背斜等。其共同特点是圈闭面积较大,幅度亦较高。由于受断裂的屏蔽作用,应力向南急剧减弱,圈闭具有明显的南北分带特征,自沙雅隆起愈向南变形愈弱,圈闭面积愈小幅度愈低。此外海西晚期运动也基本上确定了塔北地区古生界构造层北高南低的构造面貌,使沙雅隆起及其南侧斜坡成为紧邻油气源区的油气运聚指向部位,同时也形成了古生代时期最多的构造圈闭和作为油气运移通道的断裂和不整合面,为油气运聚成藏提供了良好的条件。更为重要的是,作为塔北地区主力源岩的下奥陶统此时正处于生油高峰期。因此下成藏系统在海西晚期其藏内产物为未经任何次生改造而与源岩成熟度有关的正常原油,其分布区域应遍及此时存在圈闭的所有地区。

值得注意的是,如前所述海西晚期运动在隆起区造成古生界的剧烈剥蚀,已成藏的油气田(藏)都不同程度地遭到破坏和改造,保留下来的基本上都是经过改造的残留重质油。因此,对下成藏系统而言,如果在后期没有高成熟—过成熟阶段的凝析气和干气向藏内充注的话,则应以次生改造的重质油为主,这已经被多年的勘探实践所证实。

处于印支—喜马拉雅中期的中成藏系统,可能主要受印支—燕山运动的影响。塔北地区印支—燕山期构造运动实际上是海西晚期运动的延续,主要表现为稳定的持续性挤压,而且强度明显减弱,变形方式虽然仍以逆冲错断和褶皱为主,但断距和幅度较小,发育的圈闭主要是低幅度挤压背斜、断背斜、小型逆冲断块以及在海西晚期潜山背景上形成的披覆背斜,其共同的特点是闭合面积小,闭合幅度较低。海西期发育的断裂此时仍在活动,而且形成了遍及全区的中生界与前中生界之间的不整合面,下奥陶统源岩在塔北地区的主要源区内仍处于生油高峰期—高熟阶段,所以其藏内产物是以正常原油为主或者带有气顶,部分可能为带油环的凝析气。

侏罗纪末期的燕山运动使塔北地区大面积抬升,中生界被不同程度地剥蚀,封盖性明显变差,已成藏的油气因封盖不严而大量散失轻组分成为原油密度略偏重的常规油,更有甚者则遭受破坏成为残

① 陶一川等,1994,新疆塔里木盆地北部油气运移聚集与成藏关系研究

留重质油抑或储层沥青,但规模远不及海西晚期。燕山晚期—喜马拉雅中期,保存条件虽然变好,但油气仍有较大的损失,特别是轻质馏分。所以对中成藏系统而言,相对较早成藏且保存下来的油气藏应以经轻微改造的常规油藏为主,而成藏相对较晚的则以凝析气藏为主,这种特征似乎也已被近年的勘探实践所证实。

受控于喜马拉雅晚期运动的上成藏系统,无论是圈闭条件还是运聚保存条件都较优越,而且保存条件较前两个系统更为优越,为 3 个成藏系统中最佳的。但此时海相源岩的热演化程度也是最高的,其藏内产物应以高成熟凝析气乃至干气为主。对陆相源岩而言,藏内相态由所对应的源区内源岩热演化程度所决定。

## 6 结 语

通过前面的讨论可以看出,控制常规油区域分布的因素涉及生运聚保各方面,但主要控制因素为成藏时源岩的热演化程度以及成藏后的保存条件,而油气的保存条件又与成藏后的构造条件有着十分密切的关系,因此这三者构成了控制常规油分布的主导因素。

撰写本文时曾参考了长期奋战在塔北地区石油地质战线上的同仁们的许多宝贵资料,在此向他们致以崇高的敬意。

(收稿日期:1996年6月27日)

# CONTROLLING FACTORS OF THE DISTRIBUTION OF CONVENTIONAL CRUDES IN NORTHERN TARIM BASIN

Zhai Xiaoxian

(Geological Party of Northwest Bureau of Petroleum Geology, MGMR, Urumqi 830011)

Chen Zhengfu

(Central Laboratory of Petroleum Geology, MGMR, Wuxi, 214151)

### Abstract

Based on the characteristics of oil/gas occurrence and its genetic mechanism, the paper detailed the controlling factors of the distribution of conventional crudes. It is suggested that conventional crudes are mainly controlled by the following factors, including time of pool-formation, oil/gas source area, conditions of migration and accumulation, and conditions of preservation and structure. Their combined function and affects will determine the regional distribution of conventional crudes. Of these controlling factors, the thermal evolution of source rocks in source area and the conditions in pool-formation and later preservation are most important.

## 资 料 信 息

地矿部石油地质中心实验室存有一些“七五”时期国家重点科技攻关地球物理成果图。图幅范围为东经 100°以东,北纬 36°以南的中国领域,比例尺 1:200 万。其主要内容是:扬子及邻区航空磁力异常  $\Delta T$  平面图(地质版、地理版)、扬子及邻区布格重力异常  $\Delta G_n$  平面图(地质版、地理版)、扬子及邻区重力自由空间异常平面图(地质版、地理版)、扬子及邻区磁性层顶面(居里面)埋深图、扬子及邻区莫霍面埋深图。

每套图均为对开 8 拼幅,每套定价 400 元。

欲购图者请与徐旭辉联系:

地址:江苏无锡九一六信箱 邮编:214151

电话:(0510)3203883 传真:(0510)3202742