

文章编号:1006-6616(2001)01-0033-08

雅克拉—轮台地区变形特征及控油作用研究

周新桂¹, 孙宝珊¹, 徐宏节², 段铁军², 余晓宇²

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081;

2. 中国新星石油公司勘探研究院, 湖北 荆州 434100.)

摘要:本文阐述了塔里木盆地北部雅克拉—轮台地区构造变形规律、变形特征和变形演化史,指出雅克拉—轮台变形带控油的因素主要有:长期发育的古隆起、断裂的多期活动、不整合面的叠置发育、有利的控油构造样式及控油因素的空间合理配置、构造活动史与油气移聚史合理匹配和优良的储盖组合,其中古隆起、断裂及不整合面三者乃是形成油气田的重要因素。此外,还详细论述了该区负反转构造控油的特点和弧形断裂控油的机理,并提出了近期勘探的首选目标。

关键词:构造变形;构造样式;控油因素;雅克拉—轮台地区

中图分类号:P618.130.2

文献标识码:A

1 雅克拉—轮台地区构造变形特征与变形史

塔里木盆地雅克拉—轮台前陆隆起变形带(以下简称雅轮带)西起拱塔克,东止库尔勒断裂,北以亚南断裂为界,南界为轮台断裂,向西南延伸至柯吐尔一带。东西长400余公里,南北宽20~90km,西宽东窄,区域主要构造线呈NEE—EW向(图1)。

雅轮带为长期发育的强烈变形带,经历了多期变形的叠加与复合,表现为晚二叠世前、后克拉通盆地和前陆盆地叠加以及早白垩世前、后断裂先逆后正的力学性质演变。带内不整合面纵向叠置,断裂极为发育,局部构造成带分布。雅轮带变形期主要发生在海西晚期和喜马拉雅中、晚期,其中海西晚期的构造运动形成了近EW向由轮台断裂和亚南断裂背冲挟持的断凸,变形东强西弱,隆起东段(沙4井以东)古生界已剥蚀殆尽,向西依次出现倾向SW的古生代单斜地层。该带印支期—燕山期构造活动表现为左行压扭特征,雅轮带断凸继续上隆,断裂逆冲活动相对较弱,断凸上基本缺失三叠系—侏罗系,变形仍是东强西弱。经过以上两次断裂构造活动,断裂展布基本定型,总体上呈向东收敛,向西散开的变形格局,断裂组合型式有人字型、弧形、雁列式等(图1)。自燕山运动晚期开始,该区断裂活动开始了由逆转正的反转活动;到喜马拉雅运动晚期,由于天山快速崛起,库车拗陷的急剧沉降,致使断裂负反转活动达到高

收稿日期:1999-06-17

基金项目:国家“九五”攻关项目(96-111-02-03-01)

作者简介:周新桂(1966—),男,副研究员,中国地质大学在读博士,主要从事石油地质、油田构造等方面的研究。

峰,导致了众多成带分布的局部构造的形成,以及断裂、局部构造的最终定型,反转幅度亦为东强西弱。

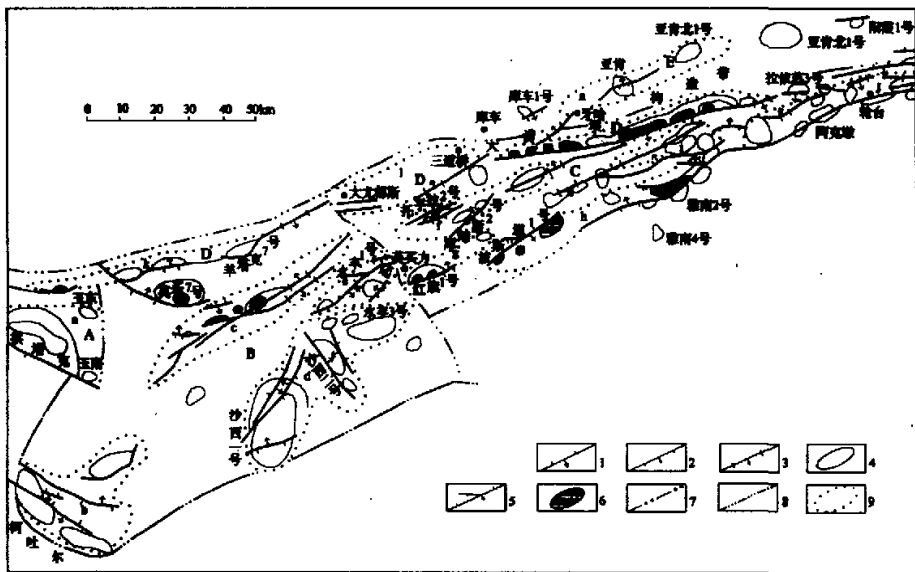


图1 雅轮带构造变形特征

Fig.1 Structure deformation sketch from Yakela to Luntai area of the north Tarim basin

1. 逆断层;2. 正断层;3. 负反转断层;4. 圈闭;5. 人字型构造;6. 油气田;7. 二级变形带;8. 三级变形带;9. 四级变形带;A. 拱塔克走滑变形区;B. 沙西横跨复合区;C. 雅克拉压扭变形区;D. 库车前陆南缘正断牵引带;E. 库车前陆逆冲带前缘宽缓背斜带;a. 拱塔克构造带;b. 柯吐尔构造带;c. 英买力构造带;d. 沙西构造带;e. 永丰庄构造带;f. 托乎拉构造带;g. 红旗构造带;h. 波斯坦—雅克拉构造带;i. 坝南构造带;j. 轮台构造带;k. 羊塔克构造带;l. 大尤都斯构造带;m. 大湾坝构造带;n. 亚青构造带

该带内圈闭的形成受控于多期构造运动的叠加、改造,不同时期的构造应力作用方向、方式的差异及中新界与下伏地层岩性组合的差异,最终导致了纵向上圈闭分层;同时由于不同地区应力波及的程度不同、边界条件的限制以及沉积地层厚度和岩性的变化,使得同一变形带内不同部位变形方式有所不同,出现圈闭东西分区、南北分带之特点。与该区带所属盆地类型的演变相对应,以前中生界顶面为界,圈闭在纵向分为两大层次。下部构造层圈闭以脆性变形为主,圈闭的形成与断裂息息相关,多发育断块潜山、基岩潜山、断层遮挡、牵引背斜、地层剥蚀不整合等圈闭类型。值得注意的是,前中生界顶面(T_2^0 不整合面)是一个特殊界面,印支—燕山运动受轮台—亚南主控断裂挟持背冲而变形弯曲形成圈闭,定型时间晚,与上覆中生界一块卷入变形并形成有效圈闭(图2)。上部构造层圈闭则以塑性变形为主,主要发育披覆背斜、挤压背斜、断块、断鼻等圈闭类型;中生界发育以挤压为特征的背斜、断背斜,而新生界则形成一系列沿负反转断裂带分布的牵引背斜群和小型正断块,同一构造部位往往是多种类型圈闭的叠置或复合,如雅克拉气田。

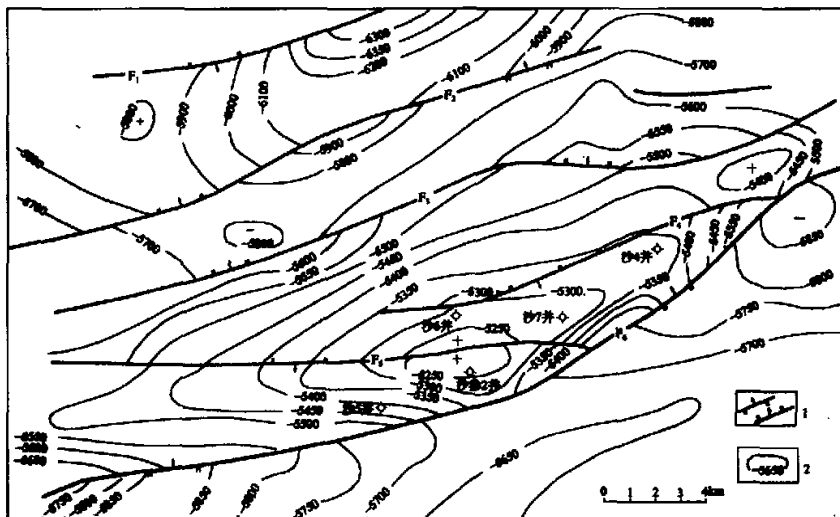


图2 雅轮带前中生界顶面埋深等值线图(据西北石油地质局)

Fig.2 Map of buried isoline of pre-Mesozoic Erathem top from Yakela to Luntai area in the north Tarim basin

F₁. 亚南断裂; F₂. 雅1号断裂; F₃. 雅2号断裂; F₄. 雅3号断裂; F₅. 雅4号断裂; F₆. 轮台断裂
1. 断裂; 2. 前中生界顶面埋深等值线/m

带内局部构造的发育主要受3期构造运动的影响:海西晚期、印支—燕山期、喜马拉雅期。海西晚期强烈地SN向挤压,导致区内形成一系列近EW向展布的逆冲断层,伴随着逆冲活动,形成逆冲断块和牵引褶皱,构造变形东强西弱。由于长期的风化剥蚀,自西向东地层由新变老形成剥蚀尖灭带,现今为潜山、残丘、地层剥蚀型圈闭。印支—燕山运动时期,带内受左行压扭应力场作用,在海西晚期变形基础上断裂继续活动形成了牵引背斜及挤压背斜,如雅克拉、阿克墩、二八台构造等。喜马拉雅中、晚期对局部构造的形成和改造极为明显,这期构造运动在区内形成独特的反转构造,出现了沿先逆后正反转断裂分布的牵引背斜及断块构造群带,如大涝坝构造带等。

2 雅轮带控油因素分析

雅轮带以南和以北的海相和陆相油源丰富,主要生烃期为喜马拉雅中、晚期,与构造形成期、圈闭有效期匹配。从构造发育史来看,加里东—海西期雅轮带内圈闭条件不良,大量运移来的寒武—奥陶系油气散失,加之海西晚期大幅度地抬升剥蚀,先期可能形成的油气藏大多已被破坏,雅克拉下古生界产层普遍发育的沥青便是这种破坏的证据。该带西段海西晚期运动后可能残存少数油气藏,但受后期,尤其是喜马拉雅运动的影响而再分配再聚集。所以,加里东—海西期生成的油气对雅轮带的贡献仅限于老油藏遭破坏后的这种再分配。因此,海西晚期以前进入生油门限的广大地区的寒武—奥陶系对雅轮带的贡献不具重要性。喜马拉雅晚

期,岗北斜坡上的中、上奥陶统正处生油高峰,寒武系至下奥陶统演化至海西晚期后,区域上绝大部分进入过成熟阶段,局部地区仍为高成熟,至喜马拉雅晚期仍提供天然气资源。燕山晚期石炭系开始生油,喜马拉雅期为生油期,可对雅轮带提供海陆交互混源油气。喜马拉雅晚期该带北侧库车拗陷内三叠系—侏罗系陆相油气源达高成熟阶段,为本带重要油气源。因此,由于该油气区南北有优越的海、陆相供油区和燕山期—喜马拉雅期多期有效圈闭的存在,使其成为塔里木盆地主要的勘探区域^[1,2]。

雅轮带油气聚集带是古隆起、大断裂、区域不整合及有效圈闭带联合作用而成。构造变形特点直接影响着本区油气的分布和富集程度,不同构造组合或不同构造样式控制了含油构造的分布规律。该带控油主要因素有长期发育的古隆起、断裂多期活动、不整合面的叠置、有利的控油构造型式以及控油因素的空间合理配置、构造活动史与油气移聚史匹配、优质的储盖组合等。

2.1 古隆起控油

雅轮带于加里东期形成隆起(水下)雏形,海西晚期定型,在接受白垩纪沉积之前,一直处于隆起状态,并被生油拗陷所包围,虽为油气运移的长期指向区,但由于经历了漫长的剥蚀而成为无效成藏期。白垩—第三系沉积后,该带具备了基本的油气封盖保存条件,这一时期为圈闭形成有效期。喜马拉雅期是塔里木北部生油高峰期,下奥陶系在岗北斜坡进入二次生油期,在部分隆起与拗陷过渡区处于成气高峰期,同时石炭系源岩均已进入生油门限,在一定范围内已进入主要生油阶段;库车拗陷的三叠系—侏罗系源岩已达生油高峰或高成熟阶段,本带南侧的三叠系—侏罗系也进入生油门限。该期奥陶系顶面仍保持北高南(或西南)低之势,油气运移由南向北向北东(或北西)运移;库车拗陷三叠系—侏罗系油气由拗陷中心向北、向南运移。雅轮带一直是油气运移指向区。

喜马拉雅构造运动未导致中生代地层明显剥蚀,也未导致油气藏的明显破坏。由于区域上地层南倾转变为北倾,仅油气圈闭闭合度和高点发生变化,出现油气向南移的调整过程。雅克拉是本带隆起高的部位,已形成有工业价值的凝析气田。

2.2 断裂多期活动与深部油气向浅部聚集

雅轮带凸起的形成与发展受控于多期活动的边界断裂。海西晚期是主要的断裂发育阶段,东强西弱,前震旦系—古生界自南西向北东被层层剥蚀尖灭,中生界覆盖其上。以边界断裂为主体的断裂系统由于长期呈压-压扭性活动,基岩断块持续上隆,制约了中生界的变形,形成以低幅度挤压褶皱为主的构造样式。喜马拉雅晚期受库车拗陷剧烈沉降的影响,多数断裂发生反转。在中、新生代,尤其是新生代地层中,形成断鼻、断块构造和牵引背斜。主干断裂成生演化过程中派生的次级断裂,单条断裂平面上多呈弧形展布,多个断裂组合多呈雁列或斜列式,而众多次级断裂的发育则控制了各构造带的形成发育演化。

沿断裂带往往形成多种类型圈闭的纵向叠加,平面上圈闭呈串珠状且沿断裂带分布。如波斯坦断裂控制东河塘构造带,亚南断裂控制了大涝坝—牙哈构造带,英买力断裂则控制英买力构造带等。

断层对油气的侧向封堵性还可形成断鼻或断块类型的油气藏,而断层对油气的垂向沟通作用导致深部油气向浅部圈闭层运移聚集。

2.3 不整合面叠置或合并与油气远距离侧向运移

雅轮带受多期构造的影响,发育多个区域性不整合面,其中以中生界顶面(T_2^0)、早、中泥盆统顶面(T_2^1)、中、上奥陶统顶面(T_2^2)的不整合最为重要。在隆起高部位, T_2^0 与 T_2^1 和 T_2^2 不整

合面合并。由于隆起区奥陶系顶面一直处于隆起状态,寒武系一下奥陶统生成的油气均可沿不整合面向高部位运移, T_2^1 风化面是本带寒武系—奥陶系油气侧向大规模运移的主要途径。另外, T_2^0 面因长期风化剥蚀而形成的风化淋滤带和剥蚀残丘,也可成为良好的储层,若其上发育好的盖层,则可成为有利的不整合面油气藏。

2.4 弧形构造带控油机理^[7]

雅轮带控油构造型式多样,主要有雅克拉人字型、沙西横跨构造、拱塔克雁列构造、英西弧形构造等多种控油构造型式(图 1)。剖面上主要表现为背冲构造、断背斜、断块等局部构造特征(图 4),不同构造型式控油特征也不同。

雅轮带总体呈近 EW 向并向北凸的弧形构造带。本带南北两侧的轮台、亚南两大断裂呈波状延伸,不时出现南凸或北凸的弧形,在弧的内侧发育众多的局部构造和圈闭构造,目前在其中已发现一批油气田(藏)(图 1)。

在雅克拉地段的轮台断裂的上盘弧弯内侧的雅克拉构造,现已形成大型凝析气田(图 1);轮台断裂轮台段断裂下盘弧弯内侧的阿克墩构造上也发现了油气田;在亚南断裂下盘弧弯内侧部位的大涝坝—牙哈构造也见规模较大的油气田;羊塔克局部构造群位于断裂弧弯内侧,羊塔 1 号油气田就在其中,此外,丘里油气田(图 3)、红旗构造也位于弧形断裂的内侧等等。

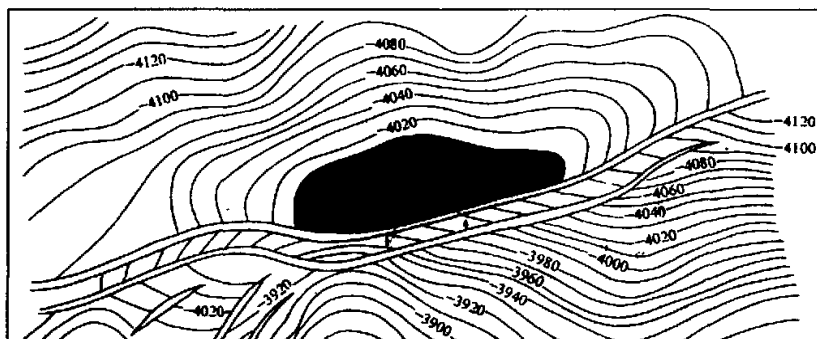


图 3 弧形断裂控制丘里油气田的分布示意图

Fig.3 Arc-type fault controlling the distribution of Quli oil-gas field

图中等值线单位/m

大量实例表明,不同级次的弧形断裂的弧弯内侧有利于控油,有时是油气高产部位。借助实际调查分析及相关实验,对弧形构造带、弧形断裂内侧有利于油气聚集成藏的机理有以下认识:①弧形断裂易于形成圈闭;②弧形断裂往往具有明显的扭动,具旋扭特点,断裂面碾磨细化致密,封闭性好;③光弹模拟和数学模拟显示,弧形断裂内侧应力明显低于外侧应力,一般认为低应力部位有利于油气汇集;④弧形断裂内侧汇集流体量大,汇集面积较直线断裂的圈闭面积大;⑤当油气聚集在断裂弧弯内侧部位后,便处于稳定状态,其后的构造活动不易把其中的油气驱赶出来。也就是说,油气在弧形断裂的内侧易输入,易储存,而又不易外泄。

此外,人字型和雁列式构造也有利于控油,因篇幅所限,不再赘述。

2.5 负反转构造控油特点^[8-9]

雅轮带反转构造的控油作用十分明显而且重要,控油特点如下(图 4)。

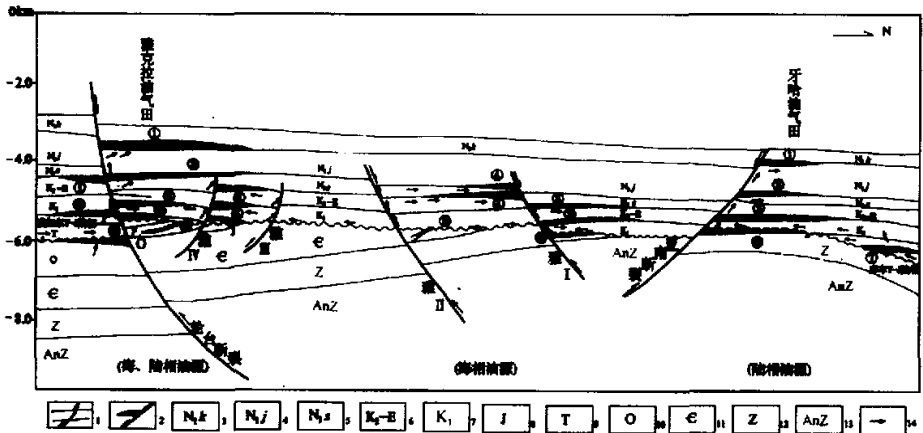


图4 雅克拉—牙哈油气田负反转构造控油模式^[5]

Fig.4 Oil-controlling mode of reversible structure from Yakela to Yaha oil-gas in Tarim basin

1. 负反转断层; 2. 油气藏; 3. 康村组; 4. 吉迪克组; 5. 苏雄依组; 6. 上白垩统—下第三系; 7. 下白垩统; 8. 侏罗系; 9. 三叠系; 10. 奥陶系; 11. 寒武系; 12. 震旦系; 13. 前震旦系; 14. 油气运移方向; ①断鼻或断块油气藏; ②断背斜油气藏; ③背斜油气藏; ④断块油气藏; ⑤潜山油气藏; ⑥地层剥蚀型油气藏; ⑦地层超覆型油气藏

(1) 负反转断层控制圈闭的形成和发展。沙雅、轮台、亚南断裂都曾经历了早期逆冲(海西晚期—燕山早中期)和晚期(燕山晚期—喜马拉雅期)上盘下掉正断的多期活动过程。这个演变过程导致沿断裂带发育了众多不同类型的局部构造, 众多与负反转有关的新生界浅层局部构造类型有断块、断鼻、断背斜、断块潜山和牵引背斜。

(2) 负反转断层是油气垂向运移的通道。对整个塔北地区来说, 断层断在什么层位, 油气就分布到什么层位是大家公认的。如牙哈 2~3 号断背斜, 断层断至康村组, 牙哈 301 井就在康村组钻获工业油气流。油气勘探证明, 在羊塔克—轮台构造带的近 EW 向负反转断层的分布区域内, 具备新生界油气成藏能力。

(3) 负反转断层为圈闭封闭提供了有利条件。负反转断层易在其下盘形成牵引断鼻或断块构造, 而在剖面上构成地层上倾和断层遮挡的反向屋脊式构造, 这是油田中最常见的剖面控油型式。反向屋脊式构造易形成斜接封闭, 即只要断层有下掉距即可形成有效封闭, 而主反转期断层隔挡封闭又是另一种封闭机制。如亚南负反转断裂构成牙哈 2~3 号油气藏的南界, 该构造带内虽然有地层褶曲的背斜高点, 但构成圈闭的幅度小。牙哈 2~3 号构造背斜闭合高度仅 40m, 而该圈闭控制的有效闭合度和油柱高度达 105m 和 83.5m, 显然, 断层封堵提供了其余的高度。

(4) 负反转断裂的存在改变或破坏了横向输导层的连续性, 使油气在断裂下盘或沿断裂向上运移聚集成藏是该区油气富集有利因素之一。如库车拗陷三叠系—侏罗系陆相油气沿输导层自北向南运移, 由于亚南负反转断裂的遮挡使油气在牙哈一大涝坝构造带中富集, 而坝南构造带、雅克拉构造带等未发现该陆相油气。亚南断裂向西断距减小甚至消失, 阻止库车拗陷油气南移能力大大降低, 故有望在永丰庄、托乎拉构造带上发现库车陆相油气。大尤都斯构造

带与牙哈构造带有相似的变形特征,也是油气成藏的有利构造部位,应为近期勘探的首选目标。

(5)该区负反转构造带皆呈弧形带状展布。局部构造群多位于弧形断裂的内侧,有利聚油。如大尤都斯、三道桥、托乎拉、永丰、羊塔克7号等构造。

另外,主反转期恰是油气运移和聚集期,与反转作用有关的局部构造圈闭匹配。

3 结论

雅轮带为长期发育的古隆起,经历了多期构造变形,形成了多期不整合面的叠置和合并,成为油气由拗陷区向隆起区长距离侧向运移的通道。长期发育的先逆后正断裂带为油气垂向运移提供了通道,同方向构造带的多次复合作用形成了多个圈闭层的叠置。圈闭群平面上多位于弧形断裂内侧和人字型的锐角区,剖面上多构成地层上倾和断层遮挡的反向屋脊式形态,易于形成有效圈闭,有利于控油。主要生烃期与构造形成期、圈闭有效期匹配。因此,雅轮带是塔里木盆地油气勘探的主要区域之一。

参 考 文 献

- [1] 廉玉柱主编. 中国塔里木盆地石油地质特征及资源评价[M]. 北京:地质出版社,1996.332~344.
- [2] 陈发景,王新文,张光亚,等. 新疆塔里木盆地北部构造演化与油气关系[M]. 北京:地质出版社,1996.1~171.
- [3] 孙宝珊. 铲式断层控油模式概析[J]. 地质力学学报,1996,2(2):68~72.
- [4] 周新桂. 利用排驱压力研究断裂封闭性及其在塔里木盆地北部地区的应用[J]. 地质力学学报,1997,3(2):47~53.
- [5] 黄太柱,汤良杰,康志宏,等. 塔里木盆地沙漠隆起北部主要负反转断裂及其控油作用[J]. 西北油气勘查与开发,1997,(1):32~41.
- [6] 汤良杰,黄太柱,王士敏. 塔里木盆地东北部断裂构造特征及控油作用[A]. 见:贾润青主编. 中国塔里木盆地北部油气地质研究[C]. 武汉:中国地质大学出版社,1991.39~48.
- [7] 孙宝珊,周新桂. 弧形断裂特点及其控油机理分析[A]. 见:邓乃恭,曹伟志主编. 大陆构造及陆内变形暨第六届全国地质力学学术讨论会论文集[C]. 北京:地震出版社,1999.129~131.

TECTONIC DEFORMATION OF YAKERLA—LUNTAI REGION IN NORTH TARIM BASIN AND ITS CONTROL ON OIL/GAS ACCUMULATION

ZHOU Xin-gui¹, SUN Bao-shan¹, XU Hong-jie², DUAN Tie-jun², SHE Xiao-yu²

(1. Institute of Geomechanics, CAGS, Beijing 100081, China;

2. Academe of Exploration, CNSPC, Hubei Jingzhou 434100, China)

Abstract: In the present paper, the tectonic deformations of the Yakerla—Luntai region of North Tarim basin and their evolution have been detailedly described. It is considered that the most important factors controlling oil/gas accumulation comprise long sustained uplifting, repeated faulting, presence of unconformities, favourable structural style etc. A combination of palaeouplifts, large faults and stratigraphic unconformities seems necessary for the formation of economic oil pools. Also the structural trap of oil in the region are discussed at great length and some target spots for subsequent exploration are proposed.

Key words: tectonic deformation; tectonic style; oil-controlling factors; Yakerla-Luntai region

《地裂缝及其灾害的理论与应用》新书简介

王景明教授等所著的《地裂缝及其灾害的理论与应用》一书已由陕西科学技术出版社2000年8月出版,全书约90万字,插图200余张,文图并茂。

本书论述了地裂缝及其灾害理论的萌生和建立;地裂缝分类与鉴别;中国地裂缝分布及其时空变换;构造地裂缝分类特征与原发破裂迹象和诱发破裂迹象;断层蠕滑型地裂缝和区域微破裂开启型地裂缝的形成演化及其现今活动;华北地裂缝与地震活动的相关性和周期性;地裂缝成因机制和成灾机制;地裂缝灾害效应及其对城乡建设的危害;我国地裂缝灾害估算;地裂缝破坏强度分带及其两侧建筑物安全距离的评定;地裂缝场地的工程地质勘察评价;地裂缝灾害的避让、工程设防和减灾工程措施;断层蠕滑型地裂缝和区域微破裂开启型地裂缝的预测与防治;构造地裂缝及其灾害的对策实例研究等。

本书致力于建立一门新学科,它是以工程地质学为基础的多学科交叉的边缘学科。内容还涉及城市科学、地震地质学、活动构造学、岩石圈动力学、水文地质学、断裂力学、灾害学和系统工程学。它给出了科学的工作方法和系统的理论,为工程地质学和灾害学的研究开辟了一个新领域。本书在大量工作的基础上,敢于超越,建立了一系列的新观念。全书前后呼应,结构布局严密,逻辑性强,主要章节都列举了作者亲身实践的实例,使读者容易理解应用。

本书可供从事城乡规划、工程勘察、工程地质、灾害地质、环境保护、地震预报、防灾减灾与防护工程等方面的工程技术人员、科研工作者使用,也可供有关专业大专院校师生和政府官员参考。