川西北龙门山冲断带北段油砂成藏特征及其主控因素

孙晓猛,许强伟,王英德,田景雄,王书琴,杜继宇
吉林大学 地球科学学院,长春 130026

摘要:野外实测地质大剖面和室内综合研究表明:龙门山北段泥盆系平驿铺组和侏罗系沙溪庙组是两个最重要的含油砂地层,它们呈北东向带状展布,组成两条区域性油砂带。两条油砂带在区域构造位置上分别与矿山梁—天井山—二郎庙冲断背斜亚带和下寺—金子山—青林口山前带叠置。两条构造-地层带的构造样式分别制约了两条油砂带的成藏方式和成藏过程,反映了油砂带与区域构造-地层带之间具有密切的成因关系。根据龙门山北段油砂特征以及区域构造-地层带对油砂带形成与分布的控制作用,首次将龙门山北段划分出2条区域性油砂成矿带,即矿山梁—天井山—二郎庙油砂成矿带和金子山—青林口—厚坝油砂成矿带。研究区油砂烃源岩具有多层位特征,油源十分丰富。泥盆系平驿铺组和侏罗系沙溪庙组具有良好的储层物性,为油气的聚集提供了有利的储集空间。各种不同的构造类型对油砂、沥青脉的成藏方式起着重要的控制作用。矿山梁—天井山—二郎庙油砂成矿带中印支期形成的褶皱与高孔隙度中、粗砂岩的良好配置、金子山—青林口—厚坝油砂成矿带中印支期形成的逆冲断层在喜山期重新活动以及喜山期形成的节理发育带与高孔隙度中、粗砂岩的良好配置是油砂储层形成的主控因素。喜山期侏罗系沙溪庙组地层的构造掀斜、山前剥蚀、断裂输导和上覆泥岩封盖以及泥盆系平驿铺组隆升剥蚀是油砂得以形成和保存的必要条件。在综合研究的基础上建立了龙门山北段油砂成藏模式。

关键词:龙门山;冲断带;构造-地层带;平驿铺组;沙溪庙组;油砂;成藏特征
中图分类号:P618.13 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-5888(2010)04-0886-11

Reservoir Forming Characteristics and Main Controlling Factors of Oil Sandstones in the Northern Longmen Mountain Thurst Zone of the Northwest of Sichuan

SUN Xiao-meng, XU Qiang-wei, WANG Ying-de, TIAN Jing-xiong, WANG Shu-qin, DU Ji-yu
College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130026, China

Abstract: According to large geological profiles of field survey and synthetic studies indoor, It was thought that Devonian Pingyipu Formation and Jurassic Shaximiao Formation in the Northern Longmen Mountain are two most important oil sandstone strata, which spread zonally towards north east and make of two regional oil sandstone zones. This two regional oil sandstone zones overlay Kuangshanliang, Tianjingshan and Erlangmiao thrust anticline subzone and Xiasi, Jinzishan and Qinglinkou foreland zone in the regional structural location respectively. Different structural styles restrict reservoir forming mode and process of different oil sandstone zones, which shows that there is a close genetic relationship between oil sandstone zones and regional structural-stratigraphic zones.

收稿日期:2010-04-30
基金项目:国土资源部油气战略研究中心项目(2009GYXQ14);国家"973"计划项目(2009CB219305)
作者简介:孙晓猛(1954—),男,吉林白山人,教授,主要从事区域、盆地构造和地层学研究,E-mail:sunxiaomeng5210@163.com。

万方数据

Because oil sandstone characteristics and regional structural-stratigraphic zones control oil sandstones formation and distribution in the northern Longmen Mountain, it was first thought that the northern Longmen Mountain can be divided into two regional oil sandstone metallogenic zones, namely Kuangshanliang, Tianjingshan and Erlangmiao oil sandstone metallogenic zone and Jinzishan, Qinglinkou and Houba oil sandstone metallogenic zone. The multizone is characteristic of source rocks of oil sandstone in study area, where is abundant in oil source. Devonian Pingyipu Formation and Jurassic Shaximiao Formation contain better reservoir physicality, which provides a favorable reservoir space for oil gas accumulation. Different structural types play important controlling role in accumulation mode of the oil sandstone and asphalt vein. Some following better configurations are main controlling factors of oil sandstone reservoir, one is that of Indosinianfolds and high-porosity, medium-coarse sandstone in Kuangshanliang, Tianjingshan and Erlangmiao oil sandstone metallogenic zone, and another one is that of Indosinian thrust faults reactivated in Himalayan and developed joint zone formed in Himalayan and high-porosity medium-coarse sandstone in Jinzishan, Qinglinkou and Houba oil sandstone metallogenic zone. The strata tectonic tilting, foreland erosion, fault transport and overlying enclosing cover of mudstone of Jurassic Shaximiao Formation and uplift denudation of Devonian Pingyipu Formation in Himalayan Period are essential conditions for oil sandstone's formation and reservoir. On the basis of comprehensive study, the authors establish an reservoir forming mode of oil sandstone in the northern Longmen Mountains.

Key words: Longmen Mountains; thurst zone; structural-stratigraphic zone; Pingyipu Formation; Shaximiao Formation; oil sandstone; reservoir forming characteristics

0　引言

龙门山前陆冲断带位于松潘—甘孜褶皱带与扬子地台的接合部位，是青藏高原与四川盆地的分界带。龙门山冲断带呈 NE—SW 方向展布，具有“南北分段、东西分带”的特点[1]。沿龙门山冲断带走向，自 NE 向 SW 方向，一般以北川—安县一线和卧龙—怀远一线为界划分为 3 段，即龙门山北段、中段和南段。它们在基底性质及其展布、地层发育及接触关系、构造变形特征、变形事件及变形历史、沉降和隆升过程、前陆响应、递进演化过程和变形时序、构造迁移等方面具有明显差异[2-3]。沿龙门山冲断带倾向具有典型的构造分带性特征，从 NW 向 SE 方向依次分布 4 条重要的主干断裂，即茂县—汶川断裂（龙门山后山断裂）、北川—映秀断裂（龙门山中央断裂）、安县—灌县断裂（龙门山前山断裂）和广元—大邑断裂（龙门山山前隐伏断裂）；4 条主干断裂分隔了 3 个构造变形带，即后龙门山造山带（后山带）、前龙门山造山带（前山带）和前陆扩展变形带（山前带），它们在物质组成、构造层次和变形样式上具有明显的差异（图 1a）[3-7]。本文研究地区是龙门山北段的前山带和山前带。

龙门山北段前山带和山前带是我国一个重要的油气聚集带，烃源岩层位众多，油源十分丰富，地表露头中有大量油气显示[1,8-12]。但是，由于该区自印支期以来遭受到多期次逆冲推覆作用，印支期形成的由古生代地层所组成的众多背斜圈闭构造遭受到强烈的破坏和改造，作为重要油气储层和盖层的侏罗系也经历了明显的构造掀斜、隆升和剥蚀作用；因此，该区构造变形极其复杂，油气圈闭、保存条件较差。油气沿逆冲断裂大量向地表运移和逸散，导致在龙门山北段虽然经历半个世纪的断续勘探，但至今尚无重大突破，200 余口深、浅钻井仅获得极少的工业油气流[1,13-15]。然而，正是这种充足的油源和复杂的构造环境，给油砂的形成创造了十分有利的条件，被破坏的古油藏中的油气往往沿断裂运移并滞留到近地表浅层，形成分布广阔的油砂和沥青脉，使龙门山北段成为我国油砂极其有利的远景区之一。

伴随着我国油气资源形势的日益严峻，油砂这种以往不被重视的非常规能源日益受到广泛关注，成为油气勘探的新领域。近年来，一些学者对研究区油砂开展了专题研究：周文等[16]、邓虎成等[17]对川西北天井山构造泥盆系的油砂进行了成矿条件研

万方数据

究和资源评价,徐世琦等[15]、戴鸿鸣等[1]对龙门山北段山前带侏罗系油砂岩的成因和成藏条件进行了研究,这些都为本文的研究奠定了基础。

笔者在全国油气资源战略调查与评价项目的支撑下,在前人研究基础上,对龙门山冲断带北段油砂区域地质特征、成藏特征、成藏过程及模式进行系统研究,为探索油砂形成的主控因素和分布规律,初步确定油砂的资源量提供必要的基础地质资料。

1 龙门山北段前山带及山前带构造特征

龙门山冲断带构造分带性十分明显。笔者在野外实测地质大剖面以及路线地质调查的基础上,根据冲断带不同部位构造样式的不同,将龙门山冲断带北段前山带划分出3个构造-地层亚带(图1),即唐王寨—仰天窝飞来峰-滑覆体亚带、楼子坝—雁门坝—马角坝叠瓦冲断亚带、矿山梁—天井山—二郎庙冲断背斜亚带,各亚带具有不同的构造变形特征(另文详述)。

飞来峰-滑覆体亚带分布在大佛滩—澄水大型滑脱断层以西地区(图1b中I_1)。该亚带由巨型北东向唐王寨—仰天窝飞来峰所组成,具有"推覆加滑覆"的构造叠加和演变特征[3-4,7,11,18-21]。

叠瓦冲断亚带西北部被唐王寨—仰天窝飞来峰-滑覆体所覆盖,因此,地表主要出露于大佛滩—澄水大型滑脱断层以东、碾子坝—马鹿坝—二郎庙逆冲断层以西的广大区域内(图1b中I_2)。冲断带由雁门坝断层、马角坝断层等10余条大型逆冲断裂组成,其间夹有大量被分割的逆冲岩席。叠瓦冲断亚带中冲断构造十分发育,从北西至南东方向,不同系、同一系中不同组、同一组中不同段的地层依次由老向新逆冲,组成典型的叠瓦状构造样式。构造岩片中褶皱构造十分发育,以断层传播褶皱为主,其轴迹走向和轴面产状与叠瓦冲断带中各条断层的总体产状几乎相同,均倒向前陆方向。

矿山梁—天井山—二郎庙冲断背斜亚带位于前山带的东部(图1b中I_3)。西北缘以碾子坝—马鹿坝—二郎庙逆冲断层为界与叠瓦冲断亚带相邻,东南缘以上寺—罗妙真—漆树槽断裂为界与山前带相隔。该亚带具有双重构造特点:在地表或浅层表现为近直立的短轴背斜,构造样式以断层转折褶皱为主,与叠瓦冲断亚带中发育的紧闭、倾斜和等斜褶皱明显不同;深层由多个逆冲岩片叠置而成[22]。地表冲断构造的规模、数量明显不如叠瓦冲断亚带。

山前带分布在上寺—罗妙真—漆树槽(安县—灌县)断裂和广元—大邑(隐伏)断裂之间(图1b中Ⅱ),前人将其称之为前陆扩展变形带[2-3,23]或前缘褶皱冲断带[4,6],该带是四川盆地在逆冲作用向前陆扩展过程中卷入的变形部分[2]。根据构造特征和形成时代的不同分为浅部和深部两个层次:深部层次分布在下侏罗统白田坝组底部不整合面之下,地震剖面解释结果表明主要由隐伏断裂和断层相关褶皱所组成,断裂以逆冲为主,向西倾斜并在深部收敛于逆冲断裂系底板断层之上,构成山前边界断裂,断裂形成于印支期,新生代再次活动[24-28];浅部层次由侏罗纪—白垩纪的陆相磨拉石建造、红色复陆屑建造等组成,角度不整合覆盖于隐伏逆冲断裂之上,构造变形较上述各亚带明显变弱,冲断稀少、规模较小,且形成于新生代。该带主要表现为向南东缓倾的单斜构造,岩层产状向四川盆地内部迅速变缓。在广元—大邑(隐伏)断裂以东地区变形微弱,属于前陆坳陷带[2,26]。

逆冲推覆构造是晚三叠世与新生代两期构造变形的产物。晚三叠世构造变形强烈,是龙门山冲断带的主要形成期,新生代变形较弱,叠加改造了晚三叠世的构造变形[2,28]。

2 油砂及沥青脉储层特征

2.1 烃源岩层位众多、油源大量存在且丰富

龙门山北段的烃源岩具有多层位特征,震旦系陡山沱组、下寒武统、上奥陶统、下志留统、中泥盆统、上一下二叠统和上三叠统都含有烃源岩,总厚度很大[1,9-10,16,27,29]。区域上油砂主要分布在碾子坝、矿山梁、天井山、阳泉等由古生代地层组成的背斜构造以及青林口、厚坝、大梁山、双鱼石、重华、倒流河、永平一带由侏罗系组成的单斜构造上,其中以碾子坝—矿山梁—天井山一带的沥青脉、油砂和厚坝油砂最为著名。据徐世琦[15]不完全统计,从广元至安县间共有油气苗及沥青脉260多处。最近笔者进行油砂项目研究,在辛家沟侏罗系沙溪庙组进行钻探施工,多个钻孔在钻入地下数十米深处即见有原油和天然气自行喷溢到地表,这些都充分说明该区油源十分丰富。

2.2 良好的储层物性为油气聚集提供有利的储集空间

研究区油砂、沥青脉储集层位众多,由老至新包括下寒武统长江沟组、志留系、泥盆系平驿铺组、二

万方数据

叠系阳新组、上三叠统须家河组、下侏罗统白田坝组和中侏罗统沙溪庙组。其中，除了下寒武统长江沟组和志留系中未见油砂外，其它各组既见有油砂又见有沥青脉。泥盆系平驿铺组和侏罗系沙溪庙组油砂厚度较大，含油量较高，是本区最重要的油砂储集层位。

在矿山梁—天井山—二郎庙冲断背斜亚带中的阳泉背斜中（图 1b 中 Ⅰ$_3$），油砂分布在背斜近核部西翼一侧的平驿铺组中，野外可见油砂层厚达 20 m，原岩为粗粒石英砂岩，岩层中槽状交错层理十分发育，沿交错层理注入大量原油（图 2a）。地表样品分析测试显示，油砂储层孔隙度为 3.68% ～

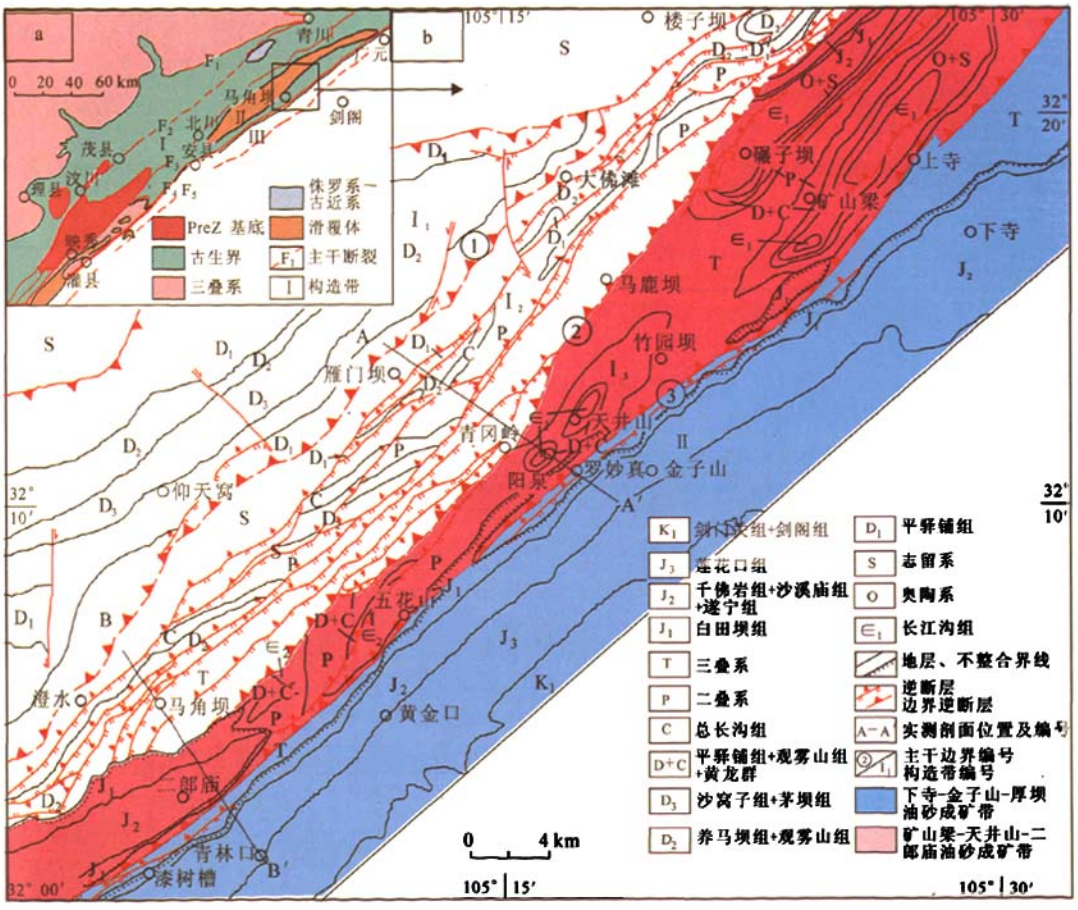


图 1　龙门山北段构造-地层带和油砂区域成矿带分布简图（据 1∶20 万广元幅[①]，1∶5 万竹园坝镇幅[②]、马角镇幅[③]修改）

Fig. 1　Distributing sketch of structural-stratigraphic zones and oil sandstone regional metallogenic belts in the northern Longmen Mountains

a：F_1. 平武—青川断裂，F_2. 茂县—汶川断裂（龙门山后山断裂），F_3. 北川—映秀断裂（龙门山中央断裂），F_4. 安县—灌县断裂（龙门山前山断裂），F_5. 广元—大邑断裂（龙门山山前隐伏断裂），Ⅰ. 龙门山后山带，Ⅱ. 龙门山前山带，Ⅲ. 龙门山山前带（前陆扩展变形带）；b：① 大佛滩—澄水大型滑脱断层，② 碾子坝—马鹿坝—二郎庙逆冲断层，③ 上寺—罗妙真—漆树槽逆冲断层，Ⅰ$_1$. 唐王寨—仰天窝飞来峰—滑覆体亚带，Ⅰ$_2$. 楼子坝—雁门坝—马角坝叠瓦冲断亚带，Ⅰ$_3$. 矿山梁—天井山—二郎庙冲断背斜亚带（油砂成矿带），Ⅱ. 下寺—金子山—厚坝前陆扩展变形带（油砂成矿带）

① 四川省地质局第二区域地质测量队. 1∶200 000 广元幅区域地质测量报告. 1966.

② 周建辉，等. 1∶50 000 竹园镇幅地质图说明书. 四川省地质矿产局川西北地质大队，1995.

③ 周建辉，等. 1∶50 000 马脚镇幅地质图说明书. 四川省地质矿产局川西北地质大队，1995.

万方数据

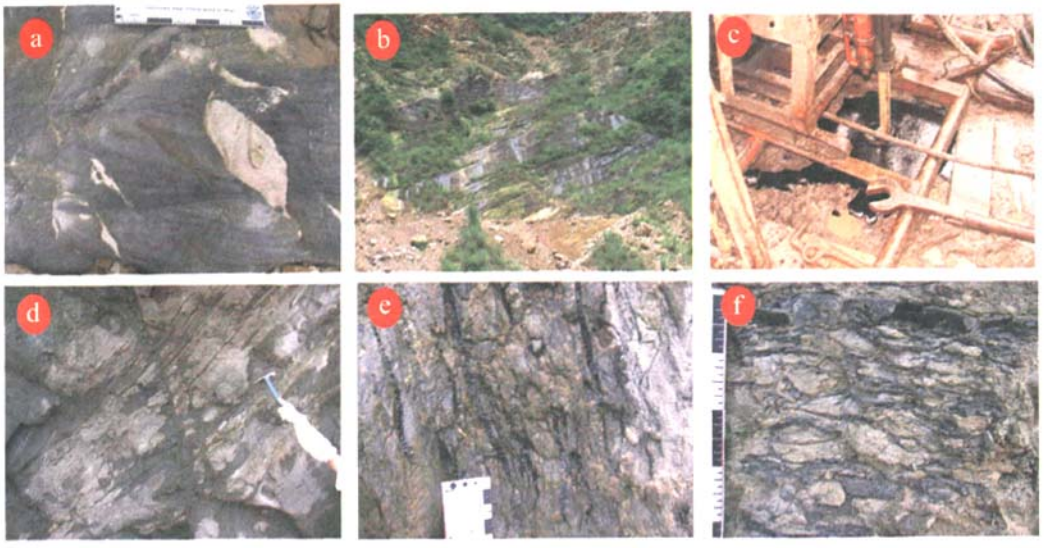


图2 龙门山北段油砂储层及其沥青脉特征

Fig. 2 Reservoir characteristics of oil sandstone and asphalt vein in the north Longmen Mountains

a. 阳泉背斜近核部泥盆系平驿铺组中原油沿交错层理发育;b. 阳泉背斜近核部泥盆系平驿铺组中原油从油砂层中溢出,使半壁山崖被染黑;c. 辛家沟20号钻孔钻遇沙溪庙组油砂层时,原油从钻井中溢流到地表;d. 二郎庙大涧河桥附近原油首先沿节理贯入到沙溪庙组中,然后再沿交错层理扩散到岩石孔隙中;e. 二郎庙千手观音庙附近须家河组断层下盘砂岩中雁列状沥青脉;f. 上寺分布在断层带中的网状沥青脉

14.96%,渗透率高达(0.073～562.08)×10^{-3} μm^2,含油饱和度为17.979%,含油率为0.116 7%～0.803 3%,这是地表样品测试的结果,含油率较低[16-17]。由于原油从油砂层中溢出,使半壁山崖被染黑(图2b),加之该带分布大量的沥青脉,因此地下含油率应该远高于实际测试结果。镜下观察和测试结果表明,泥盆系平驿铺组油砂具有良好的物性条件,能够为油气的聚集提供有利的储集空间。

在下寺—金子山—青林口—厚坝山前带的沙溪庙组油砂矿带中(图1b中Ⅱ),为了确定油砂层的厚度和含油率变化规律,笔者垂直矿带走向实测了20余条1∶50的地质剖面,剖面控制的油砂层厚度为15～33 m。油砂层中槽状交错层理十分发育,岩性主要由中、粗粒岩屑长石砂岩组成。40个油砂储层物性样品分析测试显示:孔隙度为3.77%～20.44%,平均值为15.68%;渗透率值为(0.116 6～163.23)×10^{-3} μm^2,平均值为11.28×10^{-3} μm^2;含油率为3.8%～16.5%,大部分含油率约为10%;表明侏罗系沙溪庙组中油砂层具有良好的储层物性条件和较高的含油率。在辛家沟20号钻孔和64号钻孔中钻遇沙溪庙组油砂层时,分别在55 m、63 m处见有原油从钻井中溢流到地表(图2c),钻井提取的岩心从岩石孔隙中不断渗出褐黑色原油,表明油砂层中含油极其丰富。此外,在三河口、金子山等地的侏罗系白田坝组砾岩孔隙中均含有丰富的沥青,形成新的储集岩类型——油砾岩。

3 构造对油砂成藏的控制作用

龙门山北段构造对油砂成藏的控制作用主要表现在区域构造带对油砂矿带形成与分布的控制、不同构造类型和构造-岩性组合对油砂形成与储集的控制以及喜山期构造掀斜和山前剥蚀对油砂形成和保存的控制3个方面(表1)。

3.1 龙门山北段区域构造带控制了油砂成矿带的形成与分布

龙门山北段后山带、前山带和山前带对油砂成藏影响程度不同:后山带由前震旦纪基底杂岩和震旦系—泥盆系浅变质岩所组成,不能形成油气藏;前山带唐王寨—仰天窝飞来峰-滑覆体亚带、楼子坝—雁门坝—马角坝叠瓦冲断亚带逆冲推覆作用十分强

万方数据

烈,由一系列推覆、冲断岩片组成,大量的逆冲推覆构造组成了油气逸散的通道,致使两个亚带难于组成良好的油气圈闭,故油气很难保存(图 1);矿山梁—天井山—二郎庙冲断背斜亚带逆冲推覆作用较前两个亚带明显变弱,地表浅层构造以一系列短轴背斜为主,是印支晚期形成的良好的油气圈闭构造,其中的古油气藏遭受到喜山期断裂破坏,油气沿断裂运移并滞留到近地表浅层形成油砂;山前带受逆冲推覆作用影响最弱,地表浅层以单斜地层为主,是最为有利的油砂形成与保存地区。

前山带中泥盆系平驿铺组和山前带侏罗系沙溪庙组是研究区两套最重要的含油砂地层。它们都呈北东向带状展布,组成两条区域性油砂带。两条油砂带在区域构造位置上分别与矿山梁—天井山—二郎庙冲断背斜亚带和下寺—金子山—青林口山前前陆扩展变形带叠置(图 1b),不同构造带的构造样式分别制约了不同油砂带的成藏方式和成藏过程,表明油砂带与区域构造带之间具有密切的成因关系。本文根据龙门山北段油砂构造-地层特征以及区域构造带对油砂带形成与分布的控制作用,首次将龙门山北段划分出 2 条区域性油砂成矿带,即矿山梁—天井山—二郎庙油砂成矿带和金子山—青林口—厚坝油砂成矿带。

矿山梁—天井山—二郎庙油砂成矿带主要由平驿铺组的油砂所组成,呈北东向断续出露于矿山梁、碾子坝、天井山、阳泉、五花山等背斜构造中,其最显著的特征是油砂几乎全部富集在背斜的核部和近核部的位置,背斜构成了十分有利的油砂圈闭构造。由于背斜的深部分布有逆冲断层并与背斜共同组成断层转折褶皱和断层传播褶皱,所以断层可以作为原油运移通道将深部油气导入到背斜核部中形成油砂。本区除了平驿铺组油砂外,在下寒武统长江沟组、志留系、二叠系阳新组,上三叠统须家河组中还分布有大量的沥青脉,这些层位的沥青脉也绝大部分分布在背斜核部和近核部的位置。因此,该成矿带的形成主要受矿山梁—天井山—二郎庙冲断背斜亚带控制。

金子山—青林口—厚坝油砂成矿带主要由沙溪庙组中、粗粒岩屑长石砂岩组成,呈北东向几乎连续地出露于金子山、黄金口、辛家沟、青林口、厚坝、中坝等地。该带属于龙门山山前前陆扩展变形带,冲

表 1　矿山梁—天井山—二郎庙油砂成矿带与下寺—金子山—厚坝油砂成矿带对比

Table 1　Correlation of of Kuangshanliang, Tianjingshan and Erlangmiao oil sandstone metallogenic zone and Xiasi, Jinzishan, and Houba oil sandstone metallogenic zone

构造及成藏特征		矿山梁—天井山—二郎庙油砂成矿带	下寺—金子山—厚坝油砂成矿带
构造特征	褶皱构造	以短轴背斜为特征,褶皱类型以断层转折褶皱为主,轴面近直立,两翼较开阔	地表变形微弱,以向东倾斜的单斜构造为主,局部为宽缓向斜
	断裂构造	地表冲断构造比飞来峰-滑覆体构造亚带、叠瓦冲断构造亚带少,但明显比下寺—金子山—厚坝油砂成矿带发育,地腹表现为双重构造	地表冲断构造不发育且规模较小,地腹具有大型冲断构造
成藏特征	油砂层位	以泥盆系平驿铺组为主	以侏罗系沙溪庙组为主
	油气圈闭构造	短轴背斜核部或近核部	节理发育的单斜岩层
	油砂岩性及其物性	中、粗粒石英砂岩。油砂储层孔隙度为 3.68%～14.96%,渗透率为(0.073～562.08)×$10^{-3}\mu m^2$,含油饱和度为 17.979%[17]	中、粗粒岩屑长石砂岩。油砂储层孔隙度为 3.77%～20.44%,平均值为 15.68%;渗透率值为(0.116 6～163.23)×$10^{-3}\mu m^2$,平均值为 11.28×$10^{-3}\mu m^2$,含油率为 3.8%～16.5%
	油砂主控因素	印支期形成的背斜高点和高孔隙度中、粗砂岩的良好配置	印支期形成的逆冲断层在喜山期重新活动以及喜山期形成的节理发育带与高孔隙度中、粗砂岩的良好配置
	成藏机制	经喜山期的隆升剥蚀和逆冲断裂的再次活动使三叠纪古油藏破坏形成油砂	经喜山期构造掀斜、山前剥蚀、断裂输导和上覆泥岩封盖使油砂得以形成和保存

万方数据

断稀少且规模较小,主要表现为向南东倾斜的单斜构造,地层中节理较为发育。地震资料表明,在侏罗系白田坝组单斜地层底部不整合面之下,分布有一组印支期形成的隐伏逆冲断裂[22,24,26,28],正是这组隐伏断裂在喜山期的重新活动,构成了深部油源与浅部侏罗系储层之间的连接通道,使深部油源运移并储集到浅部的沙溪庙组砂岩中形成油砂。由此可见,该成矿带的形成主要受下寺—金子山—厚坝山前隐伏冲断带控制。

3.2 不同构造类型控制了油砂和沥青脉的成藏方式

除了龙门山北段冲断带构造分带对区域油砂成矿带具有明显的控制作用外,不同构造样式对油砂、沥青脉的成藏方式也起着重要的控制作用。本区油砂矿带中断裂类型主要为逆冲断层、层间滑动破碎带和节理3种,其中逆冲断层、节理发育带、背斜高点和高孔隙度中、粗砂岩的良好配置是油砂矿藏形成的主控因素。在喜山期,侏罗系沙溪庙组地层的构造掀斜、山前剥蚀、断裂输导和上覆泥岩封盖的构造-地层配置是油砂得以形成和保存的必要条件。断裂还控制了沥青脉的形态、产状、形成与分布。

3.2.1 逆冲断层、节理发育带、背斜高点与高孔隙度中、粗砂岩的良好配置是油砂形成的主控因素

虽然沙溪庙组一些层位的中、粗砂岩其岩性特征(如粒度、孔隙度、胶结物)与油砂基本相同,但节理不发育,由于缺乏运移通道而不能使深部油气带至浅部砂岩中,故不能形成油砂。在沙溪庙组节理发育的细砂岩和粉砂岩中也普遍不含油气,其主要原因是细砂岩和粉砂岩孔隙度较低,孔隙的连通性较差,加之上升至近地表处,原油中易挥发的轻质组分大量散失,剩余部分以黑色稠油为主,原油密度大、粘度大、胶质高、不易流动[13]。因此,尽管节理可以作为运移通道使深部油气带至浅部,但难以进入到岩石细小孔隙中形成油砂。而沙溪庙组节理发育带中的中、粗砂岩既具有良好的与深部油源沟通的油气运移通道,又具有高孔隙度和高孔隙连通性,所以才能形成重要的油砂层。野外观察和室内薄片鉴定表明,原油首先沿节理贯入到沙溪庙组中、粗砂岩中,然后再从节理沿水平层理、斜层理和交错层理扩散到岩石孔隙中(图2d)。沙溪庙组的节理形成于喜山期,是印支期形成的隐伏断裂在新生代重新活动导致上覆的侏罗纪地层受力形成开启性节理。一方面,这些节理输导了来自断层中的流体,构造压力又驱使节理和孔隙中的流体流动,溶解了孔隙中的胶结物,使岩石孔隙度增加;另一方面,这些节理使油气沿孔隙向砂岩中扩散,最终形成油砂层。由此可见,逆冲断层、节理发育带与高孔隙度中—粗砂岩的良好配置是油砂矿藏形成的主控因素。

在矿山梁—天井山—二郎庙油砂成矿带中,逆冲断层将深部原油导入到背斜核部,在背斜高点的平驿铺组高孔隙度中—粗砂岩中油气发生聚集形成有利储层。

3.2.2 断裂控制了沥青脉的形态、产状、形成与分布

在研究区内下寒武统长江沟组、志留系、泥盆系平驿铺组、二叠系阳新组,上三叠统须家河组、下侏罗统白田坝组和中侏罗统沙溪庙组都分布有沥青脉。据戴鸿鸣[1]不完全统计,在碾子坝、矿山梁、天井山3个地区志留系中有138个沥青点,其中有的已经形成巨大的沥青脉,最大沥青脉宽约8 m,长约100 m,向地腹延伸约3.5 m,井下延伸达164 m。有些沥青露头已经被作为小型矿床开采。这是油气曾发生大规模运移、聚集的有利证据。沥青脉的形态主要有4种:脉状、透镜状、网脉状和雁列状。在断层附近和层间滑动带中沥青脉往往呈脉状、透镜状和雁列状(图2e);在断层破碎带中一般呈网脉状(图2f);在节理中往往呈透镜状和雁列状。无论哪种形态,其分布都与断裂构造有关。断裂不仅控制了沥青脉的形成、分布与发育程度,还控制了沥青脉的形态和产状。

3.3 喜山期构造掀斜、断裂输导、山前剥蚀和泥岩封盖是油砂形成和保存的必要条件

油砂形成所需要的生、储、盖、圈、运、保等条件与常规油气藏形成所需的条件相似,所不同的是油砂是存在于地表或近地表(0～500 m)条件下的天然有机矿产,是油藏被破坏的产物,但其成藏后又未遭受到完全破坏;因此,油砂的形成与保存需要比常规油气藏具有更为复杂的构造条件。

在厚坝—辛家沟—金子山油砂成矿带中,沙溪庙组油砂层上部的地层由厚层紫红色粉砂岩、泥岩呈互层状产出,由于泥岩塑性程度较高,尽管经历了喜山期的构造运动,但节理不发育。这些泥岩可以作为良好的油气盖层使得沿断层和节理运移到储层中的油气得以保存。喜山运动使侏罗纪地层发生掀斜、隆升和剥蚀,地下深部逆冲断裂在重新活动的同

万方数据

时在砂岩中又形成大量节理(图 3)，一方面使油气沿斜坡区向上运移到地表形成油砂，另一方面使油砂在山前局部剥露出地表，这种储层在山前的局部剥露和上覆泥岩封盖的构造-地层配置导致了油砂的最终形成和保存。因此，沙溪庙组地层的构造掀斜、山前剥蚀、断裂输导和泥岩对油气的封盖是油砂得以形成和保存的必要条件。

在矿山梁—天井山—二郎庙油砂成矿带的平驿铺组之上，分布有巨厚的石炭纪—三叠纪的碳酸盐岩，它们可以作为很好的油气盖层。由于印支期强烈的逆冲褶皱作用，在本区形成一系列北东向展布的开阔短轴背斜等有利的圈闭构造；同时，古生代形成的古油藏中的油气和三叠纪第二次生成的石油运移到背斜核部和近核部，在喜山期由于强烈的逆冲推覆、山脉隆升和剥蚀作用使背斜暴露到地表并遭受到破坏，最终形成油砂成矿带[17]。

4　油砂成藏过程分析

虽然前人对龙门山北段油砂主力烃源岩层位有很大争议，但对烃源岩进入生油期的认识却趋于一致，即在志留纪末期进入生油期[1,9,15-16]，开始大量生油并聚集在古油藏中。三叠纪—早侏罗世，下伏烃源岩层位又开始大规模生油[16]。印支晚期本区经历了强烈的逆冲推覆作用，一方面形成矿山梁—天井山—二郎庙冲断背斜亚带中大量的背斜圈闭构造，另一方面，古油藏中的油气和二次成烃的油气向背斜圈闭中运移、聚集，形成新的古油藏。

新生代是油砂形成的主要时期。在矿山梁—天井山—二郎庙冲断背斜亚带中，由于喜山运动的影响产生构造隆升和剥蚀作用，使古油藏暴露到地表并遭受到破坏，形成油砂矿带；在下寺—金子山—厚坝山前冲断带中，晚三叠世形成的逆冲断裂又重新活动，同时在砂岩中又形成大量节理，构成深部油源与浅部侏罗系储层之间的连接通道，深部油源进入到浅部的沙溪庙组中，同时使侏罗纪地层发生掀斜、隆升和剥蚀，砂岩层在山前局部剥露到地表从而形成油砂成矿带(图 3)。

5　结论

(1)根据龙门山北段油砂特征以及区域构造-地层带对油砂带形成与分布的控制作用，首次将龙门山北段划分出两条区域性油砂成矿带，即矿山梁—天井山—二郎庙油砂成矿带和金子山—青林口—厚坝油砂成矿带。

(2)研究区油砂烃源岩具有多层位特征，油源十分丰富。泥盆系平驿铺组和侏罗系沙溪庙组具有良好的储层物性，为油气的聚集提供有利的储集空间。

(3)不同构造样式对油砂、沥青脉的成藏方式起着重要的控制作用。矿山梁—天井山—二郎庙油砂成矿带中印支期形成的褶皱与高孔隙度中、粗砂岩

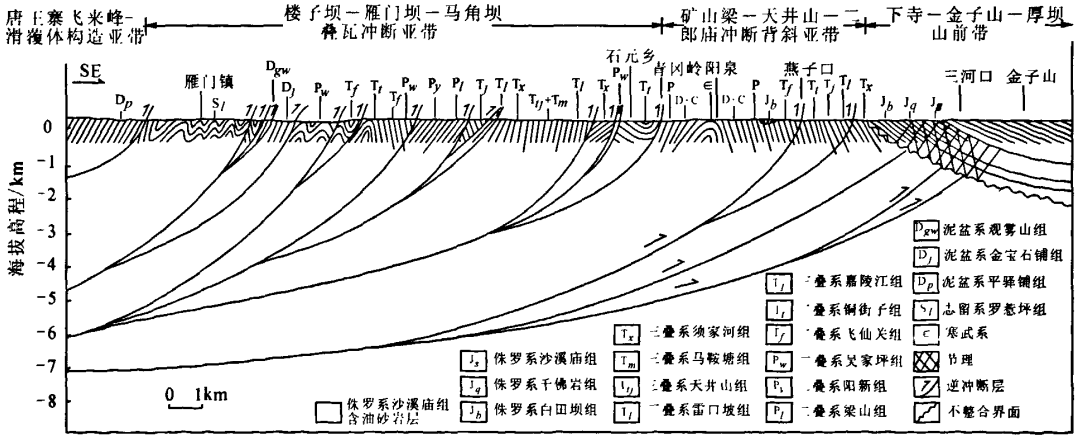


图 3　龙门山北段油砂成藏模式图

Fig. 3　Reservoir forming mode of oil sandstone in the northern Longmen Mountain

地表据笔者 A－A′实测剖面简化；地下深处据文献[24,26,28]编

万方数据

的良好配置,金子山—青林口—厚坝油砂成矿带中印支期形成的逆冲断层在喜山期重新活动以及喜山期形成的节理发育带与高孔隙度中、粗砂岩的良好配置是油砂储层形成的主控因素。喜山期侏罗系沙溪庙组地层的构造掀斜、山前剥蚀、断裂输导和上覆泥岩封盖以及泥盆系平驿铺组隆升剥蚀是油砂得以形成和保存的必要条件。

(4)本文在综合研究的基础上,建立了龙门山北段油砂成藏模式。

本文获"东北亚生物演化与环境教育部重点实验室"、吉林大学"211"工程三期建设项目和2009年教育部基本科研业务经费("吉林大学创新团队发展计划")支持,在此表示诚挚的感谢。

参考文献(References):

[1] 戴鸿鸣,刘文龙,杨跃明,等.龙门山北段山前带侏罗系油砂岩成因研究[J].石油实验地质,2007,29(6):604-608.
DAI Hong-ming, LIU Wen-long, YANG Yue-ming, et al. The origin of Jurassic oil-soaked sandstone in the piedmont zone of north Longmenshan, the Sichuan basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2007, 29(6):604-608.

[2] 李智武,刘树根,陈洪德,等.龙门山冲断带分段-分带性构造格局及其差异变形特征[J].成都理工大学学报:自然科学版,2008,35(4):440-454.
LI Zhi-wu, LIU Shu-gen, CHEN Hong-de, et al. Structural segmentation and zonation and differential deformation across and along the Longmen thrust belt, west Sichuan, China[J]. Journal of Chengdu University of Technology: Science & Technology Edition, 2008, 35(4):440-454.

[3] 刘树根,马永生,蔡勋育,等.四川盆地震旦系下古生界天然气成藏过程和特征[J].成都理工大学学报:自然科学版,2009,36(4):345-354.
LIU Shu-gen, MA Yong-sheng, CAI Xun-yu, et al. Characteristic and accumulation process of the natural gas from Sinian to Lower Paleozoic in Sichuan basin, China [J]. Journal of Chengdu University of Technology: Science & Technology Edition, 2009, 36(4):345-354.

[4] 林茂炳,吴山.龙门山推覆构造变形特征[J].成都地质学院学报,1991,18(1):46-55.
LIN Mao-bing, WU Shan. Deformational features of nappe structures in the Longmenshan Mountains[J]. Journal of Chengdu College of Geology, 1991, 18(1):46-55.

[5] 罗志立,雍自权,刘树根,等.四川汶川大地震与C型俯冲的关系和防震减灾的建议[J].成都理工大学学报:自然科学版,2008,35(4):337-347.
LUO Zhi-li, YONG Zi-quan, LIU Shu-gen, et al. Relationship between C-subduction and the Wenchuan earthquake and suggestions on preventing earthquakes and mitigating disasters [J]. Journal of Chengdu University of Technology: Science & Technology Edition, 2008, 35(4):337-347.

[6] 金文正,汤良杰,杨克明,等.龙门山冲断带构造特征研究主要进展及存在问题探讨[J].地质论评,2008,54(1):37-46.
JIN Wen-zheng, TANG Liang-jie, YANG Ke-ming, et al. Progress and problem of study on characters of the Longmen Mountain thrust belt[J]. Geological Review, 2008, 54(1):37-46.

[7] 吴山.龙门山巨型滑覆型飞来峰体系与龙门山构造活动性[J].成都理工大学学报:自然科学版,2008,35(4):377-382.
WU Shan. The large-scale gliding-type klippe system in Longmen Mountains and neotectonic activity of the Longmen orogen[J]. Journal of Chengdu University of Technology: Science & Technology Edition, 2008, 35(4):377-382.

[8] 张冠群.龙门山式推覆及其在油气勘探中的意义[J].石油实验地质,1990,12(4):365-374.
ZHANG Guan-qun. Napping of Longmenshan type and its significance in petroleum exploration[J]. Petroleum Geology & Experiment, 1990, 12(4):365-374.

[9] 谢邦华,王兰生,张鉴,等.龙门山北段烃源岩纵向分布及地化特征[J].天然气工业,2003,23(5):21-24.
XIE Bang-hua, WANG Lan-sheng, ZHANG Jian, et al. Vertical distribution and geochemical behaviours of the hydrocarbon source rocks in the north section of Longmen Mountains[J]. Natural Gas Industry, 2003, 23(5):21-24.

[10] 王兰生,韩克猷,谢邦华,等.龙门山推覆构造带北段油气田形成条件探讨[J].天然气工业,2005,25(增刊A):1-6.
WANG Lan-sheng, HAN Ke-you, XIE Bang-hua, et al. Reservoiring conditions of the oil and gas fields in the north section of Longmen Mountain nappe structural belts[J]. Natural Gas Industry, 2005, 25(Sup. A):1-6.

[11] 何鲤,刘莉萍,罗潇,等.川西龙门山推覆构造特征及有利油气勘探区块预测[J].石油实验地质,2007,29

万方数据

(3)：347－352.
HE Li，LIU Li-ping，LUO Xiao，et al. Nappe structure characteristics and exploration potential forecast in Longmenshan，the west of Sichuan Province [J]. Petroleum Geology and Experiment，2007，29(3)：347－352.

[12] 张永刚，汤良杰，金文正，等. 龙门山构造转换带对油气成藏的控制作用[J]. 中国石油大学学报，2009，33(5)：30－35.
ZHANG Yong-gang，TANG Liang-jie，JIN Wen-zheng，et al. Control of transfer zones on hydrocarbon accumulation in Longmen Mountains thrust belt[J]. Journal of China University of Petroleum，2009，33(5)：30－35.

[13] 何军，于三公. 龙门山推覆体形成机制及其北段含油气性[J]. 天然气工业，1989，9(3)：16－22.
HE Jun，YU San-gong. Mechanism forming the nappe of Longmen Mountains and the oil and gas prospects of its northern sector [J]. Natural Gas Industry，1989，9(3)：16－22.

[14] 童崇光，胡授权. 龙门山山前带北段油气远景评价[J]. 成都理工学院学报，1997，24(2)：1－8.
TONG Chong-guang，HU Shou-quan. Prospective value of oil and gas in the foothill belt of the north Longmen Mountains [J]. Journal of Chengdu University of Technology，1997，24(2)：1－8.

[15] 徐世琦，曾庆，唐大海，等. 江油厚坝油砂岩成藏条件分析[J]. 天然气勘探与开发，2005，28(3)：1－5.
XU Shi-qi，ZENG Qing，TANG Da-hai，et al. Analysis on reservoir forming conditions of Houba oil sands in Jiangyou area[J]. Natural Gas Exploration & Development，2005，28(3)：1－5.

[16] 周文，邓虎成，邱东洲，等. 川西北天井山构造泥盆系古油藏的发现及意义[J]. 成都理工大学学报：自然科学版，2007，34(4)：413－417.
ZHOU Wen，DENG Hu-cheng，QIU Dong-zhou，et al. The discovery and significance of the Devonian paleo-reservoir in Tianjingshan structure of the northwest Sichuan，China [J]. Journal of Chengdu University of Technology：Science & Technology Edition，2007，34(4)：413－417.

[17] 邓虎成，周文，邱东洲，等. 川西北天井山构造泥盆系油砂成矿条件与资源评价[J]. 吉林大学学报：地球科学版，2008，38(1)：69－75.
DENG Hu-cheng，ZHOU Wen，QIU Dong-zhou，et al. Oil sand-forming conditions and evaluation on resource of oil sand in Tianjingshan structure in north west part of Sichuan basin [J]. Journal of Jilin University：Earth Science Edition，2008，38(1)：69－95.

[18] 刘和甫，梁慧社，蔡立国，等. 川西龙门山冲断系构造样式与前陆盆地演化[J]. 地质学报，1994，68(2)：101－118.
LIU He-fu，LIANG Hui-she，CAI Li-guo，et al. Structural styles of the Longmenshan thrust belt and evolution of the foreland basin in western Sichuan Province，China [J]. Acta Geologica Sinica，1994，68(2)：101－118.

[19] 吴山，林茂炳. 龙门山唐王寨滑覆构造分析[J]. 成都地质学院学报，1991，18(1)：56－64.
WU Shan，LIN Mao-bing. An analysis on gravity gliding structure in Tangwangzhai，Longmenshan，Sichuan[J]. Journal of Chengdu College of Geology，1991，18(1)：56－64.

[20] 于苏俊. 龙门山北段推覆构造的几何特征及应变分析[J]. 矿物岩石，2000，20(4)：67－74.
YU Su-jun. Geometrical characteristics and strain analysis of nappe structures in the northern section of Longmenshan [J]. Journal of Mineralogy and Petrology，2000，20(4)：67－74.

[21] 绉付戈，尹宏伟. 四川龙门山地区反转构造样式分析及其成因机制探讨[J]. 大地构造与成矿学，2009，33(3)：321－333.
ZHOU Fu-ge，YIN Hong-wei. Analysis on the patterns and mechanism of inversion structures in Longmenshan region，Sichuan，China[J]. Geotectonic et Metallogenia，2009，33(3)：321－333.

[22] 陈竹新，贾东，魏国齐，等. 龙门山北段冲断前锋构造带特征[J]. 石油学报，2008，29(5)：657－668.
CHEN Zhu-xin，JIA Dong，WEI Guo-qi，et al. Characteristics of thrust structures in the northern Longmenshan front belt [J]. Acta Petrolei Sinica，2008，29(5)：657－668.

[23] 李智武，刘树根，林杰，等. 川西坳陷构造格局及其成因机制[J]. 成都理工大学学报：自然科学版，2009，36(6)：645－653.
LI Zhi-wu，LIU Shu-gen，LIN Jie，et al. Structural configuration and its genetic mechanism of the west Sichuan depression in China[J]. Journal of Chengdu University of Technology ：Science & Technology Edition，2009，36(6)：645－653.

[24] 曾宪顺，刘开时，邹景文. 论龙门山逆冲推覆构造带北段的地质结构及油气远景[J]. 天然气工业，1989，9(8)：10－16.

万方数据

ZENG Xian-shun, LIU Kai-shi, ZOU Jing-wen. On geological texture and oil and gas prospects of the northern sector of thrusting nappe structure of Longmen Mountains[J]. Natural Gas Industry, 1989, 9(8): 10 - 16.

[25] Jia Dong, Wei Guo-qi, Chen Zhu-xin, et al. Longmenshan fold - thrust belt and its relation to the western Sichuan basin in Central China: new insights from hydrocarbon exploration[J]. AAPG Bulletin, 2006, 90(9): 1425 - 1447.

[26] 金文正,汤良杰,杨克明,等. 川西龙门山褶皱冲断带分带性变形特征[J]. 地质学报, 2007, 81(8): 1072 - 1080.
JIN Wen-zheng, TANG Liang-jie, YANG Ke-ming, et al. Deformation and zonation of the Longmenshan fold and thrust zone in the western Sichuan basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81(8): 1072 - 1080.

[27] 王金琪. 龙门山构造演化与山前带油气关系[J]. 地球学报, 1994(3/4): 167 - 179.
WANG Jin-qi. Relationship between tectonic evolution and the foreland hydrocarbon in the Longmen Mountains[J]. Acta Geoscientia Sinica, 1994(3/4): 167 - 179.

[28] 杨长清,刘树根,曹波,等. 龙门山造山带与川西前陆盆地耦合关系及其对油气成藏的控制[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2008, 35(4): 471 - 476.
YANG Chang-qing, LIU Shu-gen, CAO Bo, et al. Basin-range coupling system and its control on oil and gas accumulation in the Longmen orogenic belt and the west Sichuan foreland basin [J]. Journal of Chengdu University of Technology: Science & Technology Edition, 2008, 35(4): 471 - 476.

[29] 陈竹新,李本亮,贾东,等. 龙门山冲断带北段前锋带新生代构造变形[J]. 地质学报, 2008, 82(9): 1178 - 1185.
CHEN Zhu-xin, LI Ben-liang, JIA Dong, et al. The Cenozoic structural deformation in the northern Longmenshan front belt[J]. Acta Geologica Sinica, 2008, 82(9): 1178 - 1185.


荣誉证书

吉林大学学报(地球科学版)

荣获2009年全国高校科技期刊优秀编辑质量奖。特颁此证。

中国高等学校自然科学学报研究会

2009年10月20日

获奖人名

刘雅琴

蒋 函

邱殿明

苏亚志

王晓丽

曾 蕾

万方数据

川西北龙门山冲断带北段油砂成藏特征及其主控因素

万方数据 WANFANG DATA 文献链接

作者： 孙晓猛， 许强伟， 王英德， 田景雄， 王书琴， 杜继宇， SUN Xiao-meng， XU Qiang-wei， WANG Ying-de， TIAN Jing-xiong， WANG Shu-qin， DU Ji-yu

作者单位： 吉林大学地球科学学院,长春,130026

刊名： 吉林大学学报（地球科学版） ISTIC EI PKU

英文刊名： JOURNAL OF JILIN UNIVERSITY(EARTH SCIENCE EDITION)

年，卷(期)： 2010,40(4)

被引用次数： 2次

参考文献(29条)

1. 林茂炳;吴山 龙门山推覆构造变形特征 1991(01)

2. 刘树根;马永生;蔡勋育 四川盆地震旦系下古生界天然气成藏过程和特征[期刊论文]-成都理工大学学报（自然科学版） 2009(04)

3. 谢邦华;王兰生;张鉴 龙门山北段烃源岩纵向分布及地化特征[期刊论文]-天然气工业 2003(05)

4. 张冠群 龙门山式推覆及其在油气勘探中的意义 1990(04)

5. 吴山 龙门山巨型滑覆型飞来峰体系与龙门山构造活动性[期刊论文]-成都理工大学学报（自然科学版） 2008(04)

6. 金文正;汤良杰;杨克明 龙门山冲断带构造特征研究主要进展及存在问题探讨[期刊论文]-地质论评 2008(01)

7. 罗志立;雍自权;刘树根 四川汶川大地震与C型俯冲的关系和防震减灾的建议[期刊论文]-成都理工大学学报（自然科学版） 2008(04)

8. 李智武;刘树根;陈洪德 龙门山冲断带分段-分带性构造格局及其差异变形特征[期刊论文]-成都理工大学学报（自然科学版） 2008(04)

9. 吴山;林茂炳 龙门山唐王寨滑覆构造分析 1991(01)

10. 刘和甫;梁慧社;蔡立国 川西龙门山冲断系构造样式与前陆盆地演化 1994(02)

11. 邓虎成;周文;邱东洲 川西北天井山构造泥盆系油砂成矿条件与资源评价[期刊论文]-吉林大学学报(地球科学版) 2008(01)

12. 周文;邓虎成;邱东洲 川西北天井山构造泥盆系古油藏的发现及意义[期刊论文]-成都理工大学学报(自然科学版) 2007(04)

13. 徐世琦;曾庆;唐大海 江油厚坝油砂岩成藏条件分析[期刊论文]-天然气勘探与开发 2005(03)

14. 陈竹新;李本亮;贾东 龙门山冲断带北段前锋带新生代构造变形[期刊论文]-地质学报 2008(09)

15. 杨长清;刘树根;曹波 龙门山造山带与川西前陆盆地耦合关系及其对油气成藏的控制[期刊论文]-成都理工大学学报(自然科学版) 2008(04)

16. 王金琪 龙门山构造演化与山前带油气关系 1994(3/4)

17. 金文正;汤良杰;杨克明 川西龙门山褶皱冲断带分带性变形特征[期刊论文]-地质学报 2007(08)

18. Jia Dong;Wei Guo-qi;Chen Zhu-xin Longme-nshan fold-thrust belt and its relation to the western Sichuan basin in Central China:new insights from hydrocarbon exploration[外文期刊] 2006(09)

19. 曾宪顺;刘开时;邹景文 论龙门山逆冲推覆构造带北段的地质结构及油气远景 1989(08)

20. 李智武;刘树根;林杰 川西坳陷构造格局及其成因机制[期刊论文]-成都理工大学学报（自然科学版） 2009(06)

21. 陈竹新;贾东;魏国齐 龙门山北段冲断前锋构造带特征[期刊论文]-石油学报 2008(05)

22. 约付戈;尹宏伟 四川龙门山地区反转构造样式分析及其成因机制探讨[期刊论文]-大地构造与成矿学 2009(03)

23. 于苏俊 龙门山北段推覆构造的几何特征及应变分析[期刊论文]-矿物岩石 2000(04)

24. 童崇光;胡授权 龙门山山前带北段油气远景评价 1997(02)

25. 何军;于三公 龙门山推覆体形成机制及其北段含油气性 1989(03)

26. 张永刚;汤良杰;金文正 龙门山构造转换带对油气成藏的控制作用[期刊论文]-中国石油大学学报 2009(05)

27. 何鲤;刘莉萍;罗潇 川西龙门山推覆构造特征及有利油气勘探区块预测[期刊论文]-石油实验地质 2007(03)

28. 王兰生;韩克猷;谢邦华 龙门山推覆构造带北段油气田形成条件探讨 2005(zA)

29. 戴鸿鸣;刘文龙;杨跃明 龙门山北段山前带侏罗系油砂岩成因研究[期刊论文]-石油实验地质 2007(06)

本文读者也读过(10条)

1. 沈平 从办学理念看杜郎口中学与美国道尔顿学校的异同点[期刊论文]-青年与社会·中外教育研究2010(2)

2. 吴瑾 学习杜郎口经验,创新语文课堂教学[期刊论文]-考试周刊2009(18)

3. 闻待.Wen Dai 杜郎口"高效课堂"的效率性特征[期刊论文]-上海教育科研2009(9)

4. 张娟 小议师范生的杜郎口效应[期刊论文]-全国商情·经济理论研究2009(9)

5. 潘涌.朱嬉 新课改最前卫的课堂:释放学习者的表达欲——杜郎口课堂教学改革印象[期刊论文]-教育科学论坛2010(1)

6. 兰未平.邓爱荣 借鉴杜郎口中学经验,搞好初三总复习[期刊论文]-新课程(教师版)2010(7)

7. 唐军.卢春喜.张永民.王祝安.TANG Jun.LU Chunxi.ZHANG Yongmin.WANG Zhu'an 宽筛分脱油油砂颗粒流化床中固含量轴向分布[期刊论文]-化工学报2010,61(9)

8. 李勇.A L DENSMORE.周荣军.M A ELLIS.LI Yong.A L DENSMORE.ZHOU Rongjun.M A ELLIS 青藏高原东缘龙门山晚新生代剥蚀厚度与弹性挠曲模拟[期刊论文]-地质学报2005,79(5)

9. 鲍志欣 赏杜郎口课堂汲杜郎口精髓[期刊论文]-黑河教育2010(5)

10. 李卯 对杜郎口中学"10+35"教学模式的评介与反思[期刊论文]-教育测量与评价(理论版)2010(10)

引证文献(2条)

1. 单玄龙.罗洪浩.孙晓猛.张洋洋.衣健 四川盆地厚坝侏罗系大型油砂矿藏的成藏主控因素[期刊论文]-吉林大学学报(地球科学版) 2010(4)

2. 孙晓猛.杜继宇.单玄龙.程日辉.王英德.许强伟.田景雄 龙门山冲断带北段前山带构造分带性及山前带变形特征[期刊论文]-吉林大学学报(地球科学版) 2010(6)

本文链接:http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_cckjdxxb201004018.aspx