

新疆库车黑英山地区晚新生代构造运动 及其对砂岩型铀矿成矿的控制作用初析

陈正乐¹ 李细根² 宫红良¹ 李 丽¹ 王国荣² 李晓红² 逢 纬²

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081;

2. 核工业 216 大队, 新疆 乌鲁木齐 810000)

摘要:黑英山位于塔里木盆地库车—拜城拗陷的北缘,是砂岩型铀矿成矿的有利区域。野外地质调查结合遥感图像解译分析,揭示出本区既发育有 EW 走向的褶皱构造和逆冲断层,同时也发现了 EW 走向的正断层和半地堑构造;根据区域地层对比和不整合面的发育,确定逆冲断层和褶皱形成于新近纪末至第四纪早期,EW 正断层和半地堑构造形成于中更新世之后,进而复原了黑英山地区晚新生代的构造演化过程,推测本区新近纪至第四纪早期属于 NS 向的挤压构造环境,晚更新世至今出现局部拉张环境。结合砂岩型铀矿成矿条件分析,认为黑英山北单斜带隆起区为成矿的有利区域,为目前找矿的首选地段。

关键词:晚新生代构造;库车—拜城拗陷;黑英山地区;砂岩型铀矿

中图分类号:P546;P619.14 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3657(2006)03-0572-10

1 前 言

库车—拜城拗陷位于塔里木盆地北缘,为一中—新生代长期发育的拗陷盆地,总体上呈近 EW 向展布^[1-3]。其基底为前二叠纪地层,盖层为中新世,发育典型的前陆盆地褶皱冲断构造;一系列由北向南逆掩的冲断层和东西向延伸的断

层相关褶皱^[4-5](图 1)。库车—拜城拗陷的褶皱冲断构造及其含油气特征,研究程度较高^[1,6-9],如卢华复^[4]、刘志宏^[8]、汪新^[9]等从前陆冲断带变形的几何学和力学特征及变形所形成的生长地层等方面详细地研究了构造变形的具体时间,发现逆冲推覆具有向南逐渐变新的趋势,并提出再生前陆盆地概念及其褶皱冲断带的构造变形方式和演化模式。

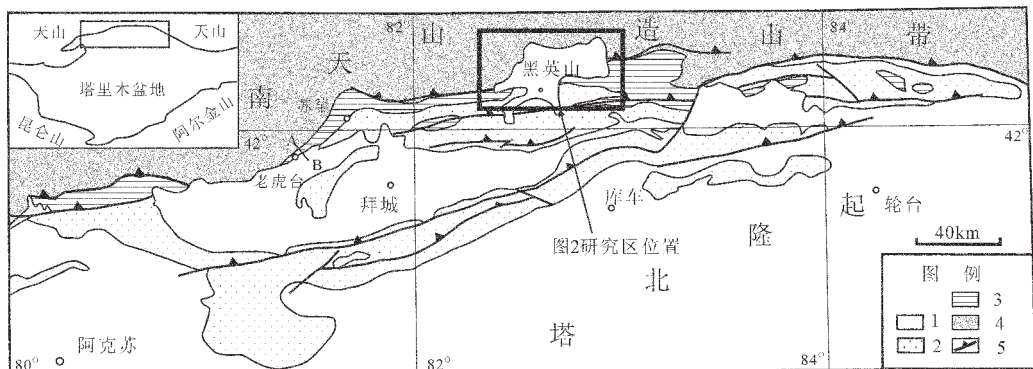


图 1 塔里木盆地北部库车—拜城拗陷地质构造简图

1—第四系;2—古近系—新近系;3—中生界;4—前中生界;5—逆冲断层

Fig. 1 Geological sketch map of the Kuqa-Baicheng depression in the northern Tarim basin

1-Quaternary;2-Paleogene-Neogene;3-Mesozoic;4-Pre-Mesozoic;5-thrust fault

收稿日期:2006-02-07;改回日期:2006-03-15

基金项目:国家重点基础研究发展规划项目(2001CB409808)和国家自然科学基金项目(40572116)资助。

作者简介:陈正乐,男,1967年生,博士,研究员,主要从事构造地质及盆地分析工作;E-mail:chenzhengle@263.net。

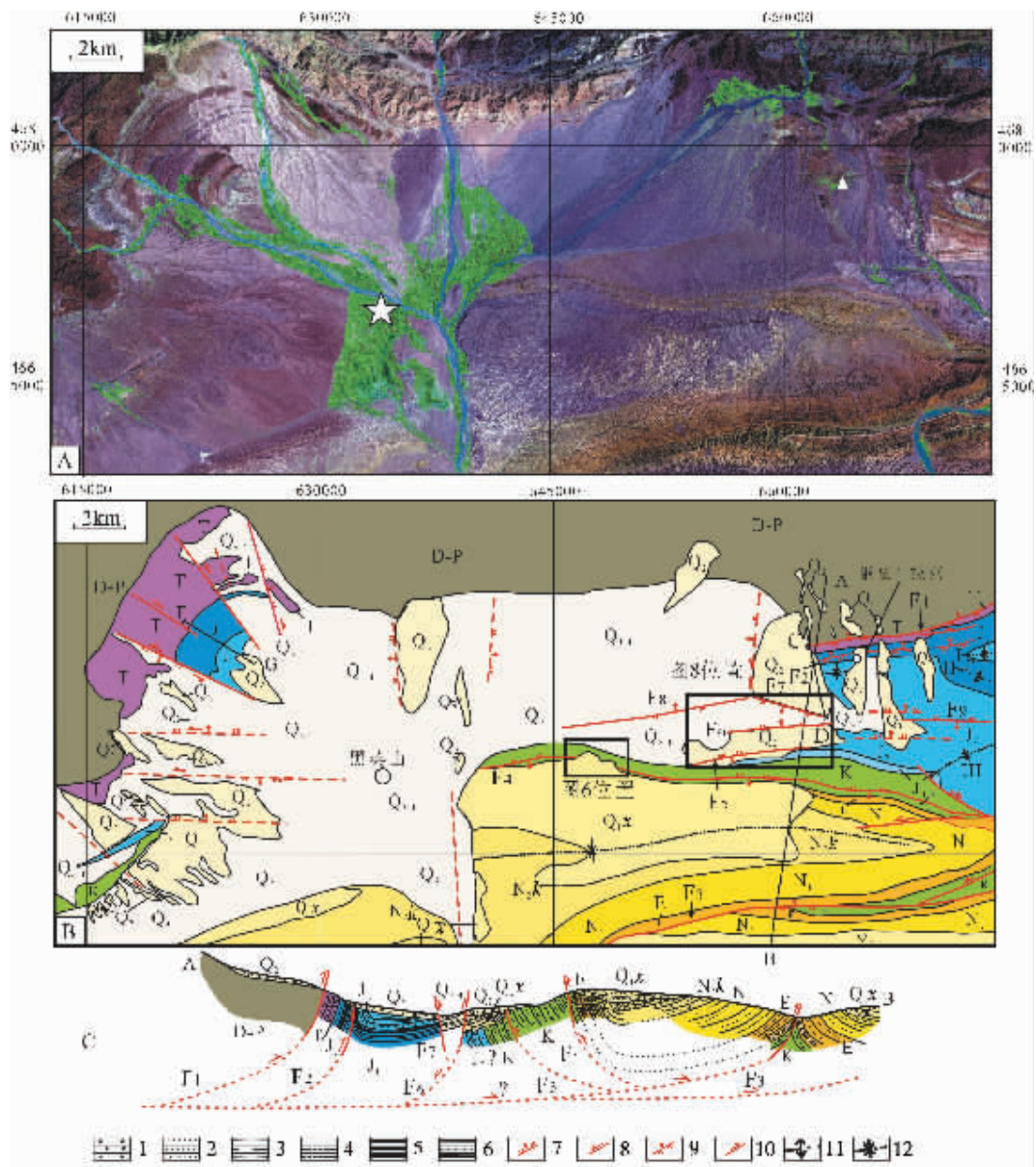


图 2 黑英山地区遥感图像(ETM741 合成)及其地质构造简图

Q₃₋₄—上更新统—全新统;Q₂—中更新统;Q_{1x}—下更新统西域组;N_{2k}—上新统库车组;N₁—中新统;E—古近系;K—白垩系;J₃—上侏罗统;J₂—中侏罗统;J₁—下侏罗统;T—三叠系;D—P—泥盆系—二叠系;1—砾岩;2—砂岩;3—粉砂岩;4—泥岩;5—煤层;6—石膏层;7-8 正断层;9-10 逆冲断层;11—背斜轴;12—向斜轴;遥感图像(A)中五角星为黑英山村位置;三角形为俄霍布拉克位置

Fig. 2 Remote sensing image (ETM band 741) of the Keyir Mountain area and the geological map

Q₃₋₄—Upper Pleistocene—Holocene; Q₂—Middle Pleistocene; Q_{1x}—Lower Pleistocene Xiyu Formation; N_{2k}—Pliocene Kuqa Formation; N₁—Miocene; E—Paleogene; K—Cretaceous; J₃—Upper Jurassic; J₂—Middle Jurassic; J₁—Lower Jurassic; T—Triassic; D—P—Devonian—Permian; 1—Conglomerate; 2—Sandstone; 3—Siltstone; 4—Mudstone; 5—Coal layers; 6—Gypsum; 7-8—Normal fault; 9-10—Thrust fault; 11—Anticlinal axis; 12—Synclinal axis; ★ in the remote-sensing image (A) denotes the location of Keyir Village and ▲ denotes the location of Ehuobulak Village

一般认为, 由于印度与亚洲大陆碰撞的远程效应, 库车—拜城凹陷内典型的褶皱冲断构造, 形成于 NS 向的挤压构造背景。然而, 李忠等^[10]根据地层沉积特征、王清晨等^[11]利

用擦痕反演分析, 推测库车地区晚新生代存在拉张构造环境, 刘德良^[12]进而论述了挤压环境下发育拉张构造的类型及其成因。

在最近开展的库车—拜城坳陷砂岩型铀矿成矿条件分析的野外地质考察时,笔者发现在库拜凹陷北缘的黑英山地区,不仅发育有晚新生代EW向逆冲推覆构造与断展褶皱构造,同时也发育了EW向的正断层及其断块伸展构造—半地堑构造。本文主要是根据野外地质观测资料,结合遥感图像解译(图2-A),分析了黑英山地区晚新生代断裂—褶皱构造的形成时代,及其演化历史,进而探讨晚新生代构造变形对砂岩型铀矿成矿的控制作用。

2 地 层

黑英山地区前中生界主要出露于盆地北侧的天山山脉之中,都具有较高的铀含量,能为盆地中生代盖层提供较为充足的物源和铀源^[3]。根据新疆区域地质志^[3]、1:20万区调资料^[4],结合笔者的野外工作对比分析,本区中新生界自下而上包括有上二叠统至中—上三叠统粗碎屑的红色类磨砾石建造,上三叠统至侏罗系的灰色含煤建造(上侏罗统为干旱条件下的红色泥岩)、白垩系的红色碎屑建造、古近系—新近系红色含膏盐碎屑岩建造(底部具海相夹层)、第四系现代堆积物(下更新统西域组为一套山麓相砾岩)(图2-A、B,表1)。事实上由于缺少必要的测年数据,研究区出露的第四系野外

区分较难,笔者的划分和野外第四系的确定主要是根据整个库车—拜城凹陷、塔里木盆地周缘晚新生代地层的对比^[4],并结合了遥感图像的影像特征分析。

3 褶皱构造

黑英山地区地表可见大型的褶皱构造主要包括黑英山南向斜、俄霍布拉克向斜、俄霍布拉克东褶皱群及其黑英山北单斜褶皱构造等,都为不对称褶皱,其形成都与逆冲断层由北往南的推覆作用有关。

黑英山南向斜(区域上称为卡赞齐向斜^[5]),属于斯的克背斜带的组成部分^[4]由白垩系—新近系组成,向斜轴近似直立,走向近似EW。向斜的核部为下更新统西域砾岩,与下伏的库车组成平行不整合接触,但是在向斜的两翼,西域砾岩角度不整合覆盖于中生界和古近系—新近系之上,表明西域砾岩具有生长地层的特征,说明向斜构造形成于早更新世期间。

黑英山东俄霍布拉克向斜由下侏罗统—白垩系组成,向斜轴近似直立,走向EW。在俄霍布拉克西山梁可见该向斜的北翼地层产状陡,一般倾角都大于70°,往北靠近逆冲断裂(F₂)处,地层产状近似直立,甚至倒转,而向斜南翼地层产状

表1 黑英山地区中新世地层简表
Table 1 Meso-Cenozoic strata in the Keyir Mountain area

地层单位		厚度/m	岩性特征	沉积相
新 生 界	第四系	Q ₃₋₄	冲积、洪积、坡积砾石层、砂砾层	冲积、洪积、坡积
		Q ₂	冲积、洪积、冰川堆积,胶结差,分布于高河流阶地堆积或残山之上	冲、洪积
		西域组(Q _{1x})	砂岩、泥岩呈透镜体夹层,胶结较好胶结物为钙质、钙质—砂质	山麓冲、洪积扇
	新近系	库车组(N _{2k})	灰褐色砾岩与灰棕色砂岩互层	河流相
		康村组(N _{1k})	灰褐色砂岩与褐色泥岩互层,夹灰绿色粉砂岩	河湖相
		吉迪克组(N _{1j})	棕红色、灰绿色砂、泥互层,夹膏泥岩,砾岩	湖泊相
古近系	库姆格列木群(E _{1-2km})	紫红、砖红、灰绿色泥岩、粉砂岩、石膏和盐岩	干旱湖泊	
中 生 界	白垩系	苏干组(K ₂)	浅红褐色粉砂质泥岩及粉砂岩,褐色中、细粒砂岩	河流相
		酱红色组(K ₁)	酱红色砾岩,红色泥岩及绿色泥岩、砂岩	
	侏罗系	喀拉扎组(J _{3k})	棕褐色砾岩	冲、洪积
		齐古组(J _{3q})	棕红色泥岩夹砂岩,下部夹灰绿色泥岩、泥灰岩	
		恰克马克组(J _{2q})	灰绿色泥岩与粉细砂岩夹泥灰岩薄层	
		克孜勒努尔组(J _{2k})	灰色、黄灰色、灰绿色砂岩、粉砂岩与泥岩、碳质泥岩、页岩互层夹煤层	河流、湖泊及沼泽
		阳霞组(J _{1y})	黄灰、绿灰色泥岩与砂岩互层夹砾岩及薄煤层	河流、沼泽、三角洲*
		阿合组(J _{1a})	灰白、黄灰色砂砾岩、砂岩夹砾岩薄层	冲积扇、河流
三叠系	T	淡紫色、灰色砂岩,圆砾岩及细砾岩,夹棕褐色、浅灰绿色页岩及粉砂岩	河流、湖泊及沼泽	

注:* 阳霞组为砂岩型铀矿主要找矿目的层。

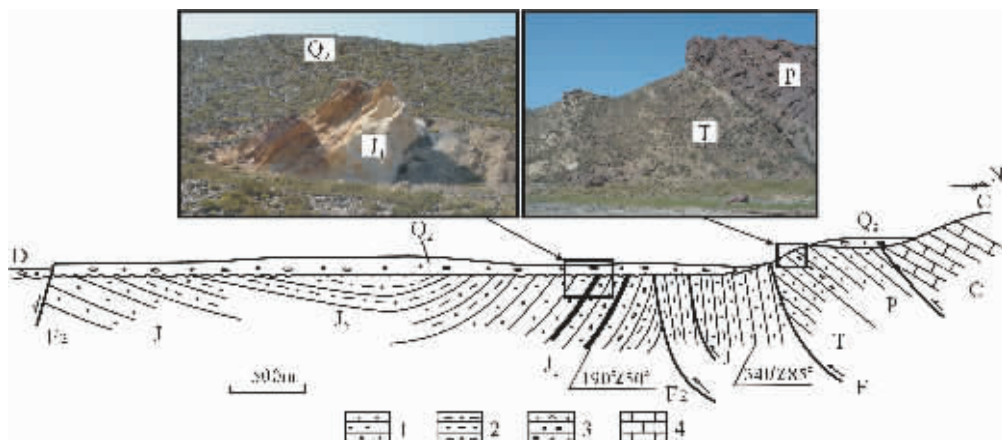


图 3 俄霍布拉克向斜剖面示意图(位置见图 2-B 中 C、D)

1—砂岩;2—泥质粉砂岩;3—砾岩;4—灰岩;Q₂—中更新统;J₂—中侏罗统;J₁—下侏罗统;T—三叠系;P—二叠系;C—石炭系

Fig. 3 Cross-section of the Ehuobulak syncline (for its location, see Fig. 2C and 2D)

1-Sandstone;2-Siltstone;3-Conglomerate;4-Limestone;Q₂-Middle Pleistocene;J₂-Middle Jurassic;J₁-Lower Jurassic; T-Triassic;P-Permian;C-Carboniferous

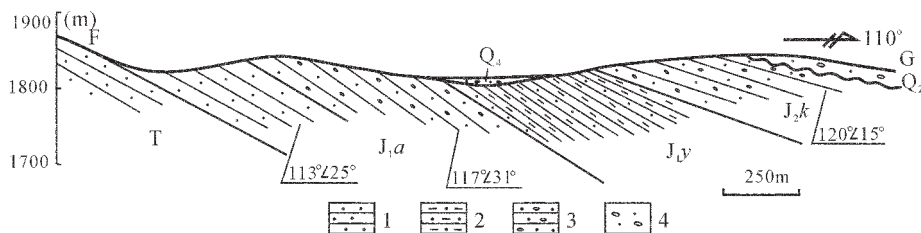


图 4 黑英山西北单斜构造信手剖面图(剖面位置见图 2-B 中 F、G)

1—砂岩;2—粉砂岩;3—砾岩;4—松散堆积;Q₄—全新统;Q₂—中更新统;J_{2k}—中侏罗统克孜勒努尔组; J_{1y}—下侏罗统阳霞组;J_{1a}—下侏罗统阿合组;T—三叠系

Fig. 4. Cross-section of the monocline northwest of Keyir Village (for its location, see Fig. 2F and G)

1-Sandstone;2-Siltstone;3-Conglomerate;4-Loose deposits;Q₄-Holocene;Q₂-Middle Pleistocene;

J_{2k}-Middle Jurassic Kezilenuer Formation;J_{1y}-Lower Jurassic Yangxia Formation;J_{1a}-Lower Jurassic Ahe Formation;T-Triassic

平缓,总体上构成南缓北陡的箕状向斜,其内发育了多条由北往南的逆冲断层。向斜和逆冲断层都被近似水平(南倾,倾角小于 5°)中更新统砾岩不整合覆盖(图 3)。

俄霍布拉克东褶皱群(I、II、III 等)都由下侏罗统—白垩系组成。褶皱轴都为近似 EW 走向,其间还发育了多条 EW 走向的同褶皱逆冲断层,普遍可见褶皱构造被中更新统砾岩不整合覆盖(图 2-B、C)。

在库车—拜城盆地的北缘、与天山古生代造山带衔接处,发育有由三叠系—新近系组成的单斜构造。在拜城西的老虎台—索汗至黑英山西,单斜层地层产状很陡,大部分地方地层都近似直立,倾角都在 80°以上,局部出现倒转,可见西域砾岩生长不整合覆盖于其上,普遍被中更新统不整合覆

盖。但是在黑英山西北,中新世单斜层在此处发生弯转,地层的倾角变缓,一般小于 40°(图 4)。单斜层之上不整合覆盖有中更新统砾岩。单斜层在俄霍布拉克一带可能构成了俄霍布拉克向斜的北翼。

4 断裂构造和黑英山半地堑构造

在黑英山地区,主要发育有 EW 向断裂,包括逆冲推覆断层和正断层,其次为 NS 向和 NW 向断裂。

4.1 EW 向逆冲断层

塔里木盆地北缘的南天山边缘逆冲断层(F₁)将泥盆纪—石炭纪的地层逆冲推覆于三叠—侏罗系之上,断层面北倾,倾角较陡,具有长期活动的特征。在俄霍布拉克北可以见

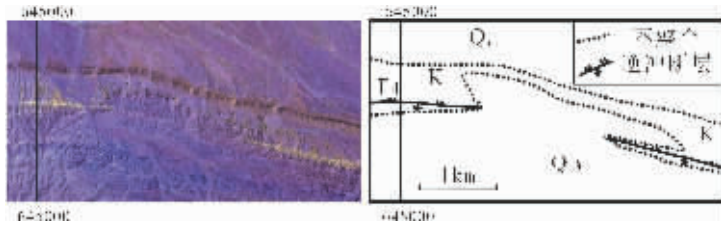


图5 俄霍布拉克村北逆冲断层

1—泥岩;2—砂岩透镜体;3—泥质粉砂岩;4—劈理

Fig. 5 Thrust fault north of Ehuobulak Village

1—Mudstone;2—Sandstone lens;3—Muddy siltstone;4—Cleavage

图6 F_4 断层被西域砾岩不整合覆盖遥感图像及其地质解译(位置见图2-B) Q_{3-4} —上更新统一全新统; $Q_{1,x}$ —下更新统西域组;K—白垩系Fig. 6 Remote-sensing image showing that the F_4 fault is unconformably overlain by the Early Quaternary Xiyu conglomerate and its geological interpretation (for its location, see Fig. 2-B) Q_{3-4} —Upper Pleistocene-Holocene; $Q_{1,x}$ —Lower Pleistocene Xiyu Formation;K—Cretaceous

到该断层切过了中-上更新统砾岩,将中上更新统砾岩抬升到了高阶地之上(图3)。地表地貌特征也表明,该断层至今仍在活动,但在黑英山凹陷北,南天山边缘逆冲断层不发育(图2-A)。

在俄霍布拉克村北,野外考察发现了一条EW走向的逆冲断层(F_2)。断层发育于下侏罗统细碎屑岩中,断层面北倾,近似直立,断层破碎带宽2~3m,发育透镜体,透镜体的长轴及其排列方式指示了断层具有逆冲性质(图5)。在俄霍布拉克西山梁,可见到该断裂被中更新统的砾岩不整合覆盖,其上盘地层倒转(图3)。

在黑英山南向斜的南翼,发育有一条大型的北倾的逆冲断层(F_3 ,区域上称之为库木格列木断层^[5])。该断层遥感影像清晰(图2-A),属于库车-拜城盆地逆冲推覆构造的主要组成部分。在向斜北翼,也发育了一条逆冲断层(F_4),断层面倾向南。在遥感影像上,可以清晰地观察到,该逆冲断层及其上述的褶皱构造一起被下更新统西域砾岩不整合覆盖,表明了该断层形成于下更新统西域砾岩沉积之前(图6)。

在黑英山南东一条小沟中,野外调查发现了另一条逆冲断层(F_5)。该断层也为EW走向,倾向南,倾角 47° 。逆冲断层将白垩系红色泥岩逆冲推覆于灰白色的下更新统西域砾岩之上,发育有断层泥、断层碎裂岩,并有石膏脉发育(图7)。逆冲断层与西域砾岩、白垩系红色泥岩又被中更新统砾岩不整合覆盖,表明该断层的活动时代在早更新世至中更新世之间。

4.2 EW向正断层

EW向正断层主要发育在黑英山以东,根据野外地质考察和遥感影像分析,主要有3条(F_6 、 F_7 和 F_8),它们在遥感图像中都表现为明显的线性构造。 F_6 断层发育于黑英山东沟之南,断层面倾向北,倾角较大。在地表,发育断层三角面(图8),可见一系列从南往北的小冲沟,穿过断层之后,呈扇形散开,形成冲积扇。 F_7 断层在地表表现为一系列近似NS走向、由中更新统构成的山脊,受断层切割而形成线性陡坎,断层走向NWW,倾向SW,倾角陡。 F_8 断层沿黑英山东沟发育,地表也呈现为线状陡坎,断层倾向北,倾角较陡。

在俄霍布拉克以东,根据遥感图像,还可以解译出多条

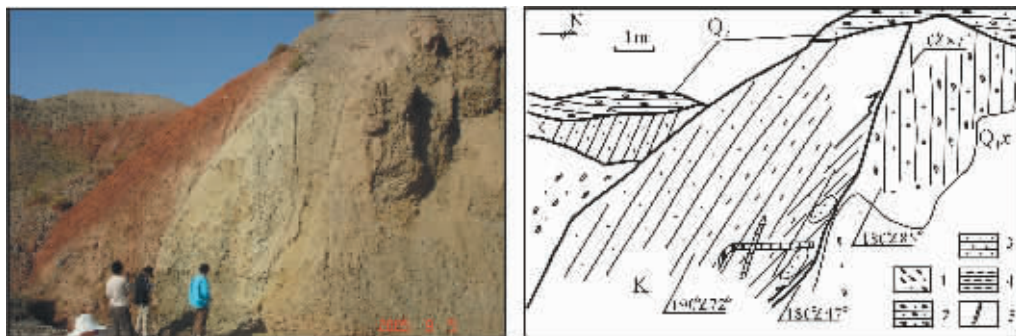


图 7 黑英山南东 F₅ 断层点素描图

1—松散堆积物;2—砾岩;3—砂岩;4—泥岩;5—石膏;Q₂—中更新统;Q_{1x}—下更新统西域组;K—白垩系

Fig. 7 Sketch of the F₅ fault southeast of Keyir Village

1—Loose deposits;2—Conglomerate;3—Sandstone;4—Mudstone;5—Gypsum;Q₂—Middle Pleistocene;
Q_{1x}—Lower Pleistocene Xiyu Formation;K—Cretaceous

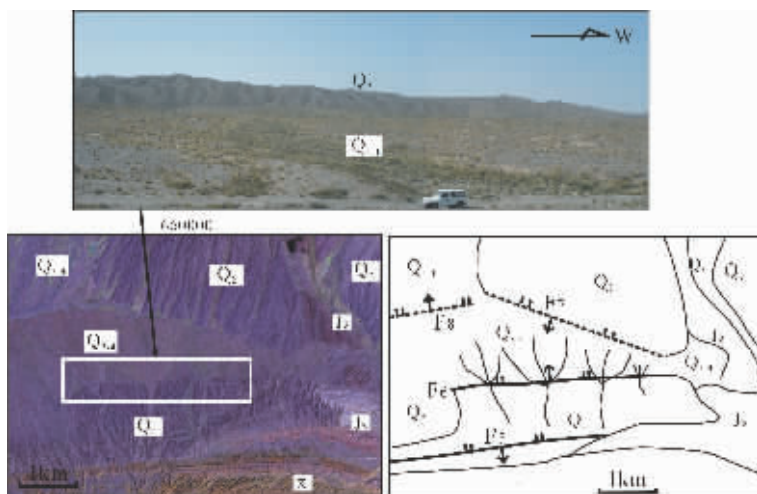


图 8 黑英山东 EW 向正断层野外特征、遥感图像及解译(位置见图 2-B)

Q₃₋₄—上更新统—全新统;Q₂—中更新统;K—白垩系;J₃—上侏罗统;J₂—中侏罗统

Fig. 8 Geomorphic features and remote-sensing image and its geological interpretation of
E-W-trending normal faults southeast of Keyir Village

Q₃₋₄—Upper Pleistocene—Holocene;Q₂—Middle Pleistocene;K—Cretaceous;J₃—Upper Jurassic;J₂—Middle Jurassic

EW走向的线性构造(F₅等)。通过野外实地调查分析,发现它们都为正断层(图 2-B)。根据断层所切割的地层时代,这些正断层都形成于中更新世之后,现今仍具有一定的活动性。

4.3 NS 向正断层

遥感图像解译分析和野外调查发现在黑英山凹陷内,中更新统和上更新统—全新统呈现相间排列的格局,表明存在 NS 向的正断层,它们控制了凹陷内第四系 EW 向沉积物厚度的变化和展布规律,并具有相邻倾向相反的特征,使得凹陷在 EW 方向上形成隆拗相间的构造格局。

这种隆拗相间的构造格局得到了野外钻探资料的验证:在黑英山村北施工钻孔中(钻孔位于晚新生代凹陷区),钻探结果发现 500 m 深钻探仍未钻穿第四系砾岩层(500 m 处仍为固结程度较差的砾岩层,属于中更新统),而在黑英山东、俄霍布拉克西山梁,钻探(位于晚新生代隆起区)发现在将近 300 m 深处就见到白垩系的红层(图 2)。

4.4 NW 向断层

NW 向断层主要发育于黑英山北西方向。断层主要为兼具走滑性质的正断层,但断层一般水平走滑错距不大,最大

也只有 10~15 m,遥感图像线性构造特征明显。其成因可能与库拜坳陷北缘单斜层在黑英山北西出现弧形拐弯有关,属于单斜层的调节构造。

4.5 黑英山半地堑构造

在地貌上,黑英山半地堑为长轴呈 EW 走向的负地形,其北侧为南天山古生代造山带,在黑英山东南界为 EW 走向的正断层,在黑英山西侧其南界正断层地表活动特征不明显。黑英山半地堑与南天山古生代造山带之间,南天山边缘逆冲断层不发育,但地貌上盆山界限清晰(图 2-A)。在半地堑内发育了多条 NS 走向的正断层,形成 EW 向隆坳相间的构造格局(图 2-B)。

事实上,在库拜坳陷的北缘,从西侧的拜城铁厂附近的老虎台(图 9),沿南天山山前东至苏罕,在逆冲推覆褶皱构造体的后缘,普遍发育了半地堑构造。地貌上都为明显的负地形,地堑的南侧都为正断层,北侧为单斜层。半地堑构造切割了下更新统的西域砾岩和中更新统砾岩层,表明了半地堑构造都形成于中更新世之后。

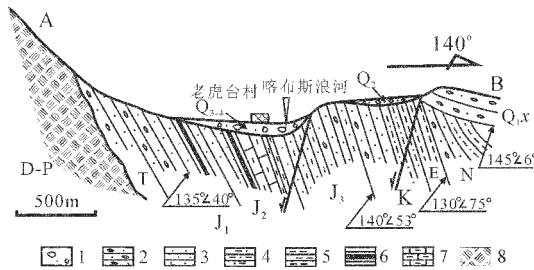


图 9 拜城老虎台村半地堑构造剖面示意图(位置见图 1-A,B)

- 1—松散堆积;2—砾岩;3—砂岩;4—粉砂岩;5—泥岩;6—煤层;
- 7—灰岩;8—基底岩石;Q₃₋₄—上更新统一全新统;Q₂—中更新统;
- Q_{1,x}—下更新统西域组;N—新近系;E—古近系;K—白垩系;
- J₃—上侏罗统;J₂—中侏罗统;J₁—下侏罗统;
- T—三叠系;D—P—泥盆系—二叠系

Fig. 9 Cross-section showing the half-graben in Laohutai Village, northwest Baicheng City

- 1—Loose deposits;2—Conglomerate;3—Sandstone;4—Siltstone;
- 5—Mudstone;6—Coal bed;7—Limestone;8—Basement;Q₃₋₄—Upper Pleistocene-Holocene;Q₂—Middle Pleistocene;Q_{1,x}—Lower Pleistocene Xiyu Formation;N—Neogene;E—Paleogene;K—Cretaceous;
- J₃—Upper Jurassic;J₂—Middle Jurassic;J₁—Lower Jurassic;
- T—Triassic;D—P—Devonian-Permian

5 黑英山地区晚新生代构造演化

被断层切割的地层时代及其区域上不整合面的发育情况表明,本区发育的 EW 向逆冲断层和褶皱形成于新近纪至第四纪早期,EW 向正断层和半地堑构造形成于中更新世之

后。结合区域资料分析,黑英山地区可以划分出 4 个构造层:前中生界基底构造层、中生界—新近系褶皱构造层、中更新统构造层及其上更新统一全新统构造层,下更新统西域砾岩层属于过渡层。前中生界基底构造层发育于研究区北侧的天山造山带及其库拜坳陷深部的基底。中生界—新近系构造层为褶皱构造,包括黑英山南向斜、俄霍布拉克向斜及其黑英山北单斜层,及其由北往南的逆冲推覆构造;下更新统西域砾岩层呈生长不整合方式不整合覆盖于中生界—新近系构造层之上。中更新统构造层或直接不整合覆盖于前中生界基底构造层(天山山脉山前)、中生界—新近系构造层之上(黑英山半地堑内),或不整合覆盖于下更新统西域砾岩之上(黑英山南向斜北翼)。上更新统一全新统在区域上不整合于所有前述的构造层之上。

因此,黑英山地区晚新生代构造演化可以概括为 3 段:中新世—上新世期间,受印度与亚洲大陆碰撞的远程效应影响,南北向的挤压变形导致了区域上库车逆冲推覆—褶皱构造带的发育。黑英山南褶皱及其南北翼的逆冲断层(F₃、F₄)首先形成(图 10-A)。至早更新世,区域性的褶皱构造逐渐被西域砾岩呈生长不整合覆盖。此后,区域上发生一定程度的抬升而遭受侵蚀(图 10-B)。早更新世末—中更新世早期,黑英山南南倾逆冲断层(F₅)开始活动,将白垩系向北逆冲推覆到了西域砾岩至上,而后又被中更新统不整合覆盖(图 10-C)。该期不整合具有区域性的普遍意义,在整个黑英山地区,甚至整个库车盆地和塔里木盆地都具有普遍性。上更新统至今,黑英山南正断层(F₆、F₇和 F₈)开始活动,切割了中更新统砾岩层,最终形成黑英山半地堑构造(图 10-D)。

上述分析表明,黑英山地区在新近纪处于 NS 向挤压构造环境,中更新世晚期开始转变为拉张环境。王清晨等^[11]在库拜坳陷东侧的策大雅沟,就观测到南天山泥盆系与上新统一第四系之间发育有正断层,结合擦痕的应力场反演分析,认为库车—拜城坳陷晚新生代为拉张构造环境,并探讨了其动力学机制;刘德良等^[12]根据南天山与塔里木盆地北缘的构造地貌特征、河流走向变化等,推测塔里木盆地北缘与南天山之间存在块断式正断层,认为块断式伸展构造往往滞后于推覆构造,并随着推覆构造自北向南前展式发展而不断向南迁移。黑英山地区发育的 EW 向正断层和半地堑构造,是否应该属于刘德良等^[12]提出的挤缩地质体后部的块断伸展构造?还是为中更新世晚期开始的区域性 NS 向拉张环境而形成的构造形迹?这还有待于进一步工作的证实。

6 晚新生代构造运动对砂岩型铀矿成矿的控制作用分析

砂岩型铀矿床为水成铀矿,它的形成是一个复杂的过程。总体上来讲,成矿要有丰富的铀源、良好的泥—砂—泥地层结构、稳定的斜坡带和有利的地下水补—径—排系统,需含矿流体(含氧含铀地下水)源源不断将铀带到合适的地方富集

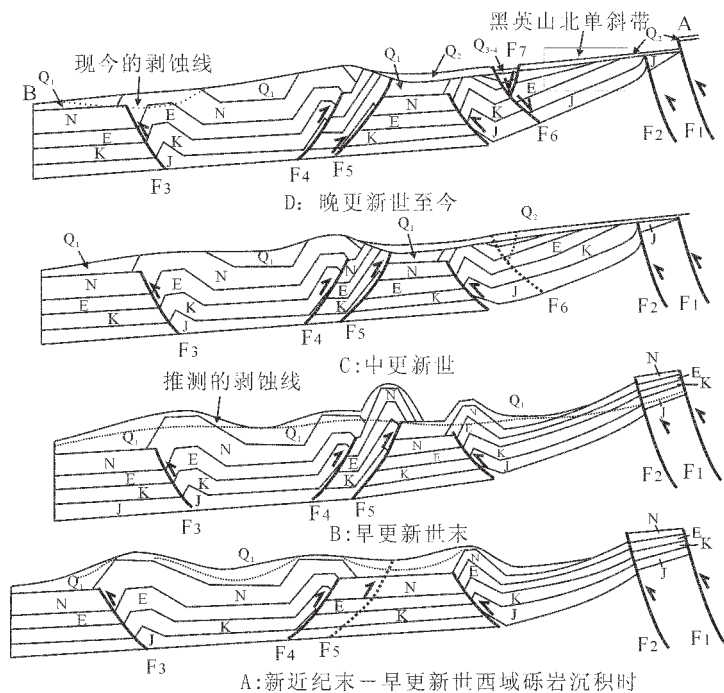


图 10 黑英山地区晚新生代构造演化示意图(以图 2 中的 A—B 剖面为代表)

Q₃₋₄—上更新统—全新统; Q₂—中更新统; Q₁—下更新统; N—新近系; E—古近系; K—白垩系; J—侏罗系

Fig. 10 Diagram showing the Late Cenozoic tectonic evolution in the Keyir Mountain area (represented by the A—B section in Fig. 2)

Q₃₋₄—Upper Pleistocene—Holocene; Q₂—Middle Pleistocene; Q₁—Lower Pleistocene; N—Neogene; E—Paleogene; K—Cretaceous; J—Jurassic

成矿^[3]。黑英山地区出露的下侏罗统阳霞组含煤地层为河流相沉积,发育泥(或煤层)—砂—泥(或煤层)结构,即不透水层—透水层—不透水层结构,砂体厚度在 10~30m,厚度适中,透水性好,泥岩和煤层组成的隔水层延伸较稳定。在黑英山北野外露头及其钻孔中都发现了后生氧化迹象:砂体由于后生强烈氧化作用而呈肉红色、黄色及黄白色,在钻孔中已经发现了层间氧化带,并具多层性,而且作为物源区和现代地下水补给区的天山山脉主要为元古界变质岩系和海西中晚期酸性侵入岩、深成岩等,其放射线强度都较大,具有较高的铀背景值;这些条件显示出本区具有较好的砂岩型铀矿成矿条件。

构造运动则主要是通过改变一个地区的地形地貌和沉积环境,进而改变地下水的流向流速和有利储矿的部位,最终影响一个地区的铀活化、迁移和富集。库拜地区新生代虽然为强烈构造活动区,但是晚新生代黑英山地区位于挤压推覆构造后缘(图 10),构造活动相对稳定,有利于砂岩型铀矿长期成矿;其次,找矿目的层下侏罗统含煤地层随着晚新生代逆冲推覆作用、天山山系缓慢抬升,在黑英山半地堑的北侧掀斜成为单斜构造,其内断层不发育或规模小,目的层抬升而遭受剥蚀,并且长期暴露于地表,有利于来自天山山脉含氧含铀水的直接补给;第三,半地堑性质黑英山盆地的形

成,促使盆地具有独立而完整的补给—径流—排泄系统。南天山为区域地下水补给区,径流区为山前倾斜平原,盆地中部近 EW 走向的正断层,为黑英山地区地下水有利的排泄构造;第四,黑英山半地堑内部发育的 NS 向正断层,将盆地切割成 EW 向隆坳相间的构造格局,因此在隆起区,由于剥蚀抬升,新生代沉积厚度薄,找矿目的层则埋深浅,是区域找矿的有利地段。

因此黑英山地区北侧的单斜层具备了砂岩型铀矿成矿所必备的构造、地层结构及其铀源、地下水条件,具有较好的砂岩型铀矿找矿前景,在黑英山半地堑内隆起带由于埋深较浅应该是目前找矿的重点地段。在区域上,应注意早期(即新近纪褶皱过程中)成矿仍能保留的矿化体,如库拜陷北缘单斜带,早期为稳定斜坡带,具备了有利的砂岩型铀矿成矿条件而形成矿体,虽然单斜层可能由于后期的变形而褶皱,但褶皱之后的地下水并没有或很少破坏早期形成的矿化体,而使大部分铀矿体仍得以保留。

参考文献(references):

[1] 贾承造.中国塔里木盆地构造特征与油气[M].北京:石油工业出版社,1997.348~364.
Jia Chengzao. Structure and Oil-gas in Tarim Basin, China[M]. Bei

- jing: Petroleum Industry Press, 1997. 348~364 (in Chinese with English abstract).
- [2] 刘和甫, 梁慧社, 蔡立国, 等. 天山两侧前陆冲断系构造样式与前陆盆地演化[J]. 地球科学, 1994, 19(6): 727~741.
- Liu Hefu, Liang Huishe, Cai Lliguo, et al., Foreland thrust system and basin evolution on both sides of Tianshan Mountains [J]. Earth Science (Journal of China University of Geosciences), 1994, 19(6): 727~741 (in Chinese with English abstract).
- [3] 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 新疆维吾尔自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1993. 1~481.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region. Regional Geology of Xinjiang Uygur Autonomous Region [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993. 1~481 (in Chinese with English abstract).
- [4] 卢华复, 贾东, 陈楚铭, 等. 库车新生代构造性质和变形时间[J]. 地质前缘, 1999, 6(4): 215~221.
- Lu Huaifu, Jia Dong, Chen Chunming, et al. Nature and timing of the Kuqa Cenozoic structures [J]. Earth Science Frontiers (Chinese University of Geosciences, Beijing), 1999, 6 (4): 215~221 (in Chinese with English abstract).
- [5] 沈军, 吴传勇, 李军, 等. 库车坳陷活动构造的总体特征[A]. 见: 吴珍汉, 赵志中, 等主编. 青藏高原地质过程与环境灾害效应文集[C]. 北京: 地震出版社, 2005. 132~139.
- Shen Jun, Wu Chuanyong, Li Jun, et al. Characteristics of active structures in Kuqa depression [A]. In: Wu Zhenhan, Zhao Zhizhong, et al (eds.). Geological Process and Its Effect on the Environment and Disaster of the Tibetan Plateau [C]. Beijing: Seismological Publishing House, 2005, 132~139 (in Chinese).
- [6] 何登发, 李德生. 塔里木盆地构造演化与油气[M]. 北京: 地质出版社, 1996. 44~67.
- He Dengfa, Li Desheng. Tectonic Evolution and Oil-gas in the Tarim Basin [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996. 44~67 (in Chinese).
- [7] 秦胜飞, 贾承造, 陶士振. 塔里木盆地库车坳陷油气藏的若干特征[J]. 中国地质, 2002, 29(1): 103~108.
- Qin Shengfei, Jia Chengzao, Tao Shizhen. Some characteristics of oil and gas accumulation in the Kuqa depression, Tarim basin [J]. Geology in China, 2002, 29(1): 103~108 (in Chinese with English abstract).
- [8] 刘志宏, 卢华复, 贾承造, 等. 库车再生前陆逆冲带造山运动时间、断层滑移速率的厘定及其意义[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(1): 12~15.
- Liu Zhihong, Lu Huaifu, Jia Chengzao, et al. Orogeny timing and fault-slip rate and their significance to the rejuvenated foreland thrust belt of Kuche [J]. Petroleum Exploration and Development, 2000, 27(1): 12~15 (in Chinese with English abstract).
- [9] 汪新, 贾承造, 杨树锋. 南天山库车褶皱冲断带构造几何学和运动学[J]. 地质科学, 2002, 37(3): 372~384.
- Wang Xin, Jia Chengzao, Yang Shufeng. Geometry and Kinematics of the Kuqa fold-thrust belt in the southern Tianshan [J]. Chinese Journal of Geology, 2002, 37(3): 372~384 (in Chinese with English abstract).
- [10] 李忠, 王清晨, 王道轩, 等. 晚新生代天山降升与库车坳陷构造转换的沉积约束[J]. 沉积学报, 2003, 21(1): 38~45.
- Li Zhong, Wang Qingchen, Wang Daoxuan, et al. Depositional record constraints on Late Cenozoic uplift of Tianshan and tectonic transformation in Kuqa depression, west China [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 21(1): 38~45 (in Chinese with English abstract).
- [11] 王清晨, 张仲培, 林伟. 库车盆地—天山边界的晚第三纪断层活动性质与应力状态[J]. 科学通报, 2003, 48(24): 2553~2559.
- Wang Qingchen, Zhang Zhongpei, Liu Wei. Late Tertiary faults and their paleostress along the boundary between the Kuqa Basin and the Tianshan Mountains [J]. Chinese Science Bulletin, 2004, 49(4): 374~380.
- [12] 刘德良, 李振生, 杨强, 等. 南天山库车褶皱冲断带的伸展构造[J]. 天然气地球科学, 2005, 16(2): 158~161.
- Liu Deliang, Li Zhensheng, Yang Qiang, et al. Extensional tectonics in Kuqa fold thrust belt in south Tianshan mountain [J]. Natural Gas Geoscience, 2005, 16(2): 158~161 (in Chinese with English abstract).
- [13] 陈正乐, 陈宣华, 王小凤, 等. 可地浸砂岩型铀矿床特征及成矿条件初析[J]. 矿床地质, 2002, 21(增刊): 853~856.
- Chen Zhengle, Chen Xuanhua, Wang Xiaofeng, et al. Characteristics of in-situ leachable sandstone-type uranium deposits and preliminary study on the ore-controlling conditions [J]. Mineral Geology, 2002, 21 (suppl.): 853~856 (in Chinese with English abstract).

Late Cenozoic tectonic movement in the Keyir Mountain area, Kuqa, Xinjiang, and its controls on sandstone-type uranium deposits

CHEN Zheng-le¹, LI Xi-gen², GONG Hong-liang¹, LI Li¹,
WANG Guo-rong², LI Xiao-hong², PANG Wei²

(1. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, 100081, Beijing, China;

2. Geological Party No.216, China National Nuclear Corporation, Ürümqi 830001, Xinjiang, China)

Abstract: The Keyir Mountain area, located at the northern edge of the Kuqa-Baicheng depression of the Tarim Basin, is one of the favorable areas for the formation of sandstone-type uranium deposits in NW China. Field geological survey and interpretation of remote-sensing images have revealed that not only E-W-trending thrust faults and folds but also E-W-trending normal faults and a half-graben are developed in the study area. Stratigraphic correlation and development of unconformities indicate that these thrust faults and folds formed during the terminal Neogene to Early Quaternary, and E-W-trending normal faults and the half-graben formed later than the Middle Pleistocene. Therefore, the Late Cenozoic tectonic evolution process of the Keyir Mountain area is reconstructed. It is inferred that a regional N-S compressional environment occurred in the Neogene to early Pleistocene, while a local extensional environment from the late Pleistocene to present time. According to the above-mentioned study, combined with an analysis of the mineralization conditions for sandstone-type uranium deposits, the authors suggest that the uplifting segments of the a monoclinical zone in the northern part of the Keyir Mountain area are favorable areas for the formation of sandstone-type uranium deposits and should be firstly explored.

Key words: Late Cenozoic tectonic movement; Kuqa-Baicheng depression; Keyir Mountain area; sandstone-type uranium deposit

About the first author: CHEN Zheng-le, male, born in 1967, doctor and senior researcher, engages in the research on structural geology, tectonics and basic geological analysis; E-mail: chenzhengle@263.net.