

# 吐哈盆地地浸砂岩型铀矿成矿条件 与盆地动力学演化

吴伯林<sup>1,2</sup> 徐高中<sup>2</sup> 李卫红<sup>2</sup> 龚斌利<sup>2</sup> 张复新<sup>1</sup>

(1.西北大学大陆动力学教育部重点实验室,西北大学地质系,陕西 西安 710069;

2.中国核工业地质局 203 研究所,陕西 咸阳 712000)

**提要:**分析吐哈盆地气候、地貌景观、地下水动力学、大地构造及构造、层间氧化带发育条件、含矿目的层地质及地球化学特征等,认为吐哈盆地北部与南部(艾丁湖斜坡带、了南凹陷、南湖凹陷等)地浸砂岩型铀矿成矿条件存在明显差异,其根本原因是与盆地南北动力学演化的差异有关。依据盆地构造沉降、构造层序、受板块运动影响等特征,认为盆地构造演化分为 5 个阶段,其中第三演化阶段(C—T)挤压型前陆盆地沉积阶段奠定了盆地南北构造演化差异的基础,对中生代地浸砂岩型铀矿的分布影响深远;第四阶段(J—K)弱伸展型断陷盆地阶段为南部地浸砂岩型铀矿的形成准备了物质基础;第五阶段新生代挤压型前陆盆地阶段(E—Q)为南部地浸砂岩型铀矿形成富集提供了充分的外部动力。

**关键词:**地浸砂岩型铀矿;成矿条件;盆地动力学演化;吐哈盆地

**中图分类号:** P619.14 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2004)01-0101-07

## 1 吐哈盆地地浸砂岩型铀矿成矿条件分析

### 1.1 地质背景

(1)地质概况:吐哈盆地为产于北天山晚古生代地槽褶皱系中的中生代山间断陷盆地(图 1)<sup>[1]</sup>;按板块构造观点,它位于哈萨克斯坦板块东南缘吐哈微地块之上,北以博格达山—哈尔里克山与西伯利亚板块相望,南以觉罗塔格山与塔里木盆地相隔<sup>[2]</sup>。基底是石炭纪从准噶尔微板块分离出来的一个断块,由前寒武系结晶地体及晚古生代褶皱(火山碎屑岩及浅海碳酸盐沉积)组成,具有双层结构特点<sup>[3]</sup>;基底总体具北深南浅的箕状态势。

自海西运动末期以来(晚二叠纪以后,包括晚二叠纪),吐哈盆地转入陆相盆地沉积演化时期,发育了一套中生代陆相碎屑岩沉积,构成了盆地的盖层(表 1)<sup>[4]</sup>。晚二叠世—三叠世为盆地形成初期冲积—河流—湖相细碎屑岩沉积,总体以

填平补齐为主,其中中晚三叠世的湖相碎屑岩是盆地重要的生油岩系。早、中侏罗世为一套温暖潮湿气候下的河流—湖沼相含煤碎屑岩沉积建造(包括早侏罗世八道湾组和三工河组、中侏罗世西山窑组),该套地层中砂—泥互层结构合理,在灰色砂体中分布有大量的有机质、黄铁矿等还原性物质,是区内层间氧化带发育的主要目的层位。

(2)构造单元划分:依据盆地地质构造特征划分出 4 个一级构造单元及 12 个二级构造单元(图 2)。盆地各构造单元边界主要受隐伏断裂及基底构造控制,其地貌景观、盖层结构组合等存在着明显差异。其中台北凹陷、托克逊凹陷、五堡凹陷及哈密凹陷是盆地中新生的主要沉积中心,盖层厚度巨大,是油气形成的有利地区。而盆地南部的艾丁湖斜坡带、了南凹陷、南湖凹陷盖层厚度适中(一般 < 1500 m),后期构造有一定的抬升,盖层分布稳定,具有平缓单斜状产出等特点,对形成层间氧化带及其铀矿有利。

收稿日期:2002-10-23;改回日期:2003-04-02

基金项目:中国地质调查局国土资源大调查项目(200010100001)资助。

作者简介:吴伯林,男,1967 年生,博士生,高级工程师,主要从事铀金地质研究,E-mail:Yukily2001@sina.com。

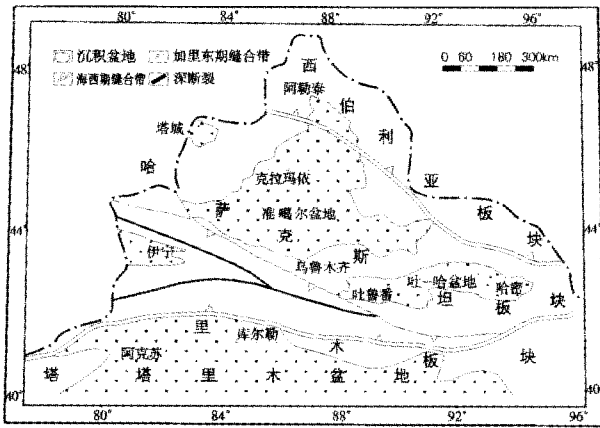


图1 吐哈盆地大地构造位置图

Fig.1 Sketch map showing the tectonic location of the Turpan-Hami basin

### 1.2 地浸砂岩型铀矿成矿条件分析

(1)气候、地貌景观因素:在干旱气候条件下,沙漠戈壁及干旱草原地貌被认为是地浸砂岩型铀矿发育最有利的地貌

景观区。吐哈盆地处于干旱炎热的气候区,以沙漠戈壁地貌为主,地表植被稀疏;尤其是盆地南缘地区以“中低山系—台地丘陵—冲(洪)积平原、沙漠戈壁—盐碱凹地”地貌为主,具备成矿有利的气候、地貌条件。

从中亚地区及伊犁盆地、吐哈盆地该类已知铀矿床形成时期看,成矿集中于中生代末期至新生代中期的新构造运动(活化)时期。对该区盖层沉积地层岩相古地理分析表明,盆地从白垩纪开始,已转入干旱气候期,已知白垩系上统、桃树园组、葡萄沟组更新世等地层中以红色陆相碎屑岩沉积建造为主,并有许多石膏、盐类夹层出现,说明盆地在新生代以来基本已处于干旱半干旱的气候环境,对层间氧化带型铀矿的形成是很有利的。

(2)地下水水动力条件:层间氧化带型铀矿主要产于渗入型自流水盆地。吐哈盆地是一个大型新生代山间自流水盆地,存在相对完整的地下水补给、径流及排泄机制(图3);补给区主要是盆地边缘的中低山系,以大气降水、冰、雪融水及基岩裂隙水的形式补给,排泄区主要分布于盆地南部低洼的湖沼、盐碱地及沙漠区,如艾丁湖;强烈的蒸发作用(年蒸发量达3000 mm)是排泄的主要形式;径流区主要是盆地中的冲

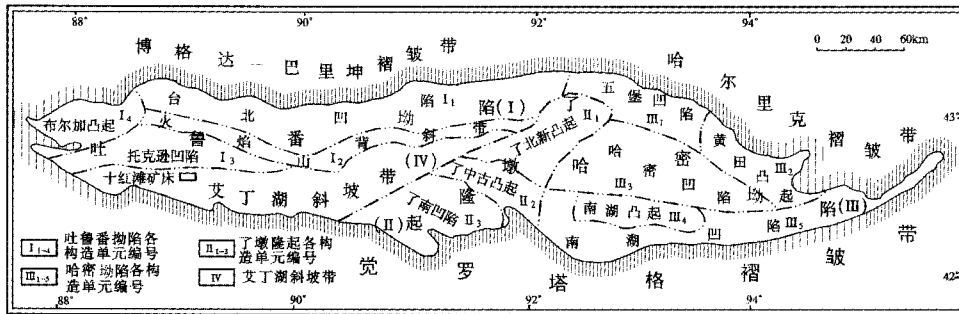


图2 吐一哈盆地构造单元划分略图

Fig. 2 Sketch map showing the tectonic units in the Turpan-Hami basin

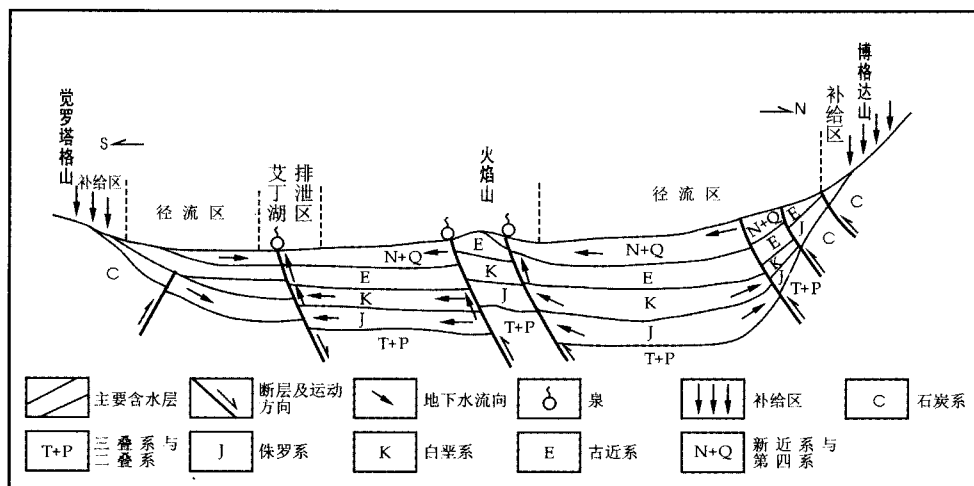


图3 吐一哈盆地地下水动力机制示意图

Fig. 3 Schematic diagram of the groundwater dynamic mechanism in the Turpan-Hami basin

表 1 盆地盖层划分

Table 1 Division of covers in the Turpan-Hami basin

| 界   | 系   | 统   | 组及代号  |                                    | 厚度/m     | 主要岩性                         |
|-----|-----|-----|-------|------------------------------------|----------|------------------------------|
| 新生界 | 第四系 |     | 西域组   | Q                                  | 3~300    | 冲(洪)积砂砾岩、湖积泥岩、粉砂岩、风成砂丘       |
|     |     | 新近系 | 葡萄沟组  | N <sub>2</sub> p                   | 20~901   | 土黄色砂岩、泥岩与砾岩互层                |
|     | 古近系 |     | 桃树园组  | (E <sub>3</sub> -N <sub>1</sub> )t | 250~1517 | 红色粉砂岩、泥岩、砾岩夹砂岩及石膏            |
|     |     |     | 鄯善群   | E <sub>3</sub> sh                  | 250~500  | 桔红、紫红色砂岩、粉砂岩、砂质泥岩及砾岩、石膏      |
| 中生界 | 白垩系 | 上统  | 苏巴什组  | K <sub>2</sub> s                   | 33~430   | 桔红、棕红色块状细砂岩,夹红色薄层泥岩          |
|     |     |     | 库穆塔格组 | K <sub>2</sub> k                   |          |                              |
|     |     | 下统  | 连木沁组  | K <sub>1</sub> l                   | 13~307   | 棕红色砂质泥岩夹灰绿、蓝灰色细砂岩条带          |
|     |     |     | 胜金口组  | K <sub>1</sub> sh                  | 53~810   | 灰绿色泥岩、夹粉砂岩                   |
|     | 侏罗系 | 上统  | 喀拉札组  | J <sub>3</sub> k                   | 35~655   | 紫红、灰紫、浅灰绿色砂岩、含钙质结核           |
|     |     |     | 齐古组   | J <sub>3</sub> q                   | 295~733  | 樱红、咖啡色泥岩夹灰绿色砂岩、粉砂岩           |
|     |     | 中统  | 七克台组  | J <sub>2</sub> q                   | 39~185   | 绿色泥岩及泥页岩夹细砂岩                 |
|     |     |     | 十三间房组 | J <sub>2</sub> s                   | 45~387   | 深红、灰绿色砂质泥岩夹薄一中厚层砂岩           |
|     |     | 下统  | 西山窑组  | J <sub>2</sub> x                   | 64~972   | 浅灰、灰黄色砂岩与灰色砂质泥岩互层,夹煤层,为含矿目的层 |
|     |     |     | 三工河组  | J <sub>1</sub> s                   | 50~1200  | 灰色泥岩、粉砂岩为主,夹薄层砂岩             |
| 古生界 | 三叠系 | 中上统 | 水泉沟群  | T <sub>2</sub> sq                  | 560~1350 | 黄灰色、灰绿色砾岩、砂岩、泥岩              |
|     |     | 下统  | 下房仓沟群 | T <sub>1</sub> cnb                 | 201~580  | 灰紫、蓝绿色砾岩、砂岩与褐红色泥岩互层          |
|     | 二叠系 | 上统  | 下房仓沟群 | P <sub>2</sub> cna                 | 450~1165 | 灰绿色泥岩、巨厚层状砂岩与含砾砂岩            |
|     |     |     | 桃东沟群  | P <sub>1</sub> td                  |          |                              |
|     |     | 下统  | 依尔希土组 | P <sub>1</sub> y                   | 310~1392 | 杂色泥岩、砂砾岩、石灰岩、火山岩、火山角砾岩       |

(洪)积平原、戈壁区。

由于新构造运动的差异,盆地形成了若干个水动力条件相对独立水文地质单元。其中盆地北部和中部的深大拗陷区(如台北凹陷、托克逊凹陷、哈密凹陷等)盖层厚度巨大,地静压力强烈,以沉积压榨水为主,具有反向渗流型自流盆地的特点,对地浸砂岩型铀矿形成是不利的;而南部的次级凹陷及构造斜坡(如了南凹陷、南湖凹陷、艾丁湖斜坡带等),盖层厚度较小,以水静压力为主,构成正向渗入型自流水盆地,且排泄源特征清晰,如艾丁湖及其周围的盐碱地、透水性隐伏断裂等,为层间氧化带型铀矿形成的有利地区。

(3)大地构造条件与控矿构造因素:新生代以来随着印度板块向欧亚板块的碰撞挤压作用,相应地在盆地发生了新构造运动(活化),对北部影响强烈,北缘成为主动盆地边缘,博格达山系不断隆升造山,构造以强烈的逆冲推覆和褶皱变形为特点,产生广泛的深拗陷沉降作用。总体看,由于中生界沉积厚度巨大(4 000~8 000 m),加上构造变形强烈,对砂岩铀矿的生成是不利的。

盆地南缘则属被动盆地边缘,新构造运动影响比较适中,总体以差异性抬升剥蚀为特点;而盖层沉积厚度一般小于 1 500 m,地层呈南高北低的单斜状,便于层间承压水长时期的氧化;南部的艾丁湖斜坡带、了南凹陷、南湖凹陷等皆具有这样的特点,对层间氧化带及其铀矿的形成是有利的。

新构造运动形成的“坡中坡”是铀矿的具体控矿构造。位

于艾丁湖斜坡带中的十红滩铀矿床南矿带的分布即是受控于十红滩背斜的。

(4)成矿目的层地质及地球化学条件:吐哈盆地沉积盖层中水西沟群(八道湾组、三工河组及西山窑组,重点是西山窑组)是地浸砂岩型铀矿的含矿目的层,为一套温湿气候条件下的河流—湖沼相含煤碎屑岩建造,在盆地内有广泛的分布。沉积厚度较大,一般在 200~800 m,总体具含砾砂岩、砂岩—泥岩互层韵律结构,岩相稳定,单层砂体厚度一般 8~30 m,结构疏松、渗透率高;尤其是盆地南缘该套地层直接超覆于基底之上,埋藏小于 500 m,呈平缓单斜状产出,地层中富含还原性物质,后生氧化蚀变发育。地表出露在南部见于艾丁湖斜坡带、了南凹陷及南湖凹陷地区。

据不完全统计,盆地南缘地区该地层中砂体层数 8~20 层不等,厚度 4~56 m,一般在 10~30 m 之间,砂岩以灰色、浅灰色、灰白色为主;其中西山窑组埋深 0~300 m。该区原生岩石有机碳平均含量 0.204%(据 186 个样品统计),Fe<sup>3+</sup>/Fe<sup>2+</sup>=0.34,ΣS=0.03%,ΔEh=29.5 mV,砂岩层平均孔隙度 15%~22%,属易透水性砂岩;地层倾角 2°~20°。

(5)层间氧化带发育条件:从地表观察及钻孔资料看,目前主要在盆地南部发现了目的层层间氧化带,分布于艾丁湖斜坡带、南湖凹陷等地区;已程度不同地见到了十多层层间氧化带,厚度在 15~25 m,延伸一般在 3 km 以上;单个钻孔岩芯中一般都能见到 1~3 层层间氧化带。在十红滩地区,已发现由氧化带 x<sup>-1</sup>、x<sup>-2</sup> 及 x<sup>-1</sup>、x<sup>-2</sup>(图 4)控制的

铀矿化带。

(6) 铀源条件: 依据水成铀矿理论, 聚积于层间氧化带尖尖部位每单位断面上的铀( $Q$ )主要与 4 个因素有关<sup>①</sup>: 原始含氧水的铀含量( $C_{\text{初始}}$ )、水的渗透速度( $v$ )、层间渗入过程持续时间( $t$ )和还原地球化学障的反差度( $\varepsilon$ )。即  $Q=C_{\text{初始}} v t \varepsilon$ , 其中  $v=K_{\text{D}} I$  ( $K_{\text{D}}$  围岩渗透系数,  $I$  为水压力坡度);  $\varepsilon=1-C_{\text{结束}}/C_{\text{初始}}$  ( $C_{\text{结束}}$  为还原环境水的铀含量)。

含氧层间水中较高的铀含量( $C_{\text{初始}}$ )首先取决于补给和渗入区中其蒸发浓缩现象, 这时气候因素就显得很重要,  $C_{\text{初始}}$  较高值存在于气候干旱且地形为平原或平缓丘陵的地区; 其次, 补给区岩石具有利的铀源或含水层岩石具有较高的铀背景值时对  $C_{\text{初始}}$  的增高也是重要的因素; 成矿持续时间( $t$ )足够大时对形成大型铀矿床更具有决定意义。吐哈盆地南缘蚀源区 (主要由晚古生代火山岩、火山碎屑岩及海西期花岗岩组成) 铀含量  $2.9 \times 10^{-6} \sim 5.9 \times 10^{-6}$ , 中下侏罗统(水西沟群)铀平均含量为  $7.34 \times 10^{-6}$ , 明显高于地壳平均值  $2.7 \times 10^{-6}$  (Taylor, 1964), 可认为是有利的铀源。从时间因素看, 自白垩纪末开始, 铀成矿作用就已经开始并持续至今<sup>②</sup>, 这对在盆地南部形成较大规模铀矿来说是一个非常有利的因素。

### 1.3 十红滩铀矿床成矿条件简析

十红滩铀矿床位于吐哈盆地南缘艾丁湖斜坡带上(图 2), 为典型的地浸砂岩型铀矿。该处盆地直接基底为迪坎儿组, 由灰绿色凝灰质碎屑岩、砂页岩及含海百合茎化石的薄层灰岩组成; 此外, 蚀源区还有大面积分布的海西期花岗岩。盖层山水西沟群、古近系鄯善群及第四系组成, 缺失上侏罗统及白垩系; 古近系为干旱气候下的冲洪积红层, 第四系为风成灰黄色砂砾岩; 其中水西沟群为含矿目的层(图 4)。

目前已探明十红滩铀矿床南矿带和北矿带, 经分析, 它的成矿地质条件主要有:

(1) 气候地貌条件: 该区自白垩纪以来已为干旱半干旱气候, 地形为“低山丘陵—冲洪积平原、戈壁沙漠—盐碱凹地”, 对铀成矿极其有利。

(2) 成矿目的层地质及地球化学特征: 水西沟群(自下而上由八道湾组、三工河组及西山窑组组成)是区内唯一的含矿岩系, 其中八道湾组厚 23~123 m, 由泥岩、中细砂岩组成; 三工河组主要是泥岩夹煤线, 含丰富的生物化石(鱼、昆虫、叶肢介等), 局部夹薄层砂岩; 西山窑组分上中下 3 段, 下段厚 35~85 m, 辫状河相沉积特征明显, 为主要赋矿层位之一; 中段厚 0~210 m, 具河流三角洲沉积特征, 也为赋矿层位之一; 上段厚 0~315 m(未见顶), 具辫状河沉积特征, 是主要的

赋矿层位。水西沟群有利于成矿的地质特征是: 分布广泛, 埋藏浅(<400 m), 具良好的泥—砂—泥结构, 地层产状稳定, 倾角<15°, 砂体厚度适中(10~50 m), 渗透性良好(含矿含水层室内渗透性试验结果为 0.4717 m/H); 砂体富含有机质、炭化植物残体和黄铁矿等还原组分(据 31 个矿石样品分析有机碳平均含量 0.23%)。

(3) 层间氧化带条件: 迄今为止, 八道湾组及三工河组未发现大规模层间氧化带; 西山窑组下段发育两层层间氧化带, 前锋线附近产出的铀矿化控制了十红滩矿床南矿带。西山窑组中段目前发现 5 层层间氧化带, 其中第 2、3 层层间氧化带前锋线产出的铀矿化构成北矿带西段的铀矿体。西山窑组上段发现 3 层层间氧化带, 前锋线均有铀矿化, 构成北矿带东段铀矿体。层间氧化带根据矿物—地球化学特性在该区可分为完全氧化亚带(砂岩、砾岩呈玫瑰红、褐黄色, 黄铁矿被氧化为赤铁矿, 有机质消失, 发育高岭土化); 不完全氧化亚带(砂体呈黄褐、棕褐等颜色, 黄铁矿主要被氧化成褐铁矿, 有时见到炭化植物残片及残留铀矿体); 铀矿化带(砂体呈褐灰、灰白、灰色夹黄色斑点等, 见褐铁矿、黄铁矿共存, 含丰富的有机碎屑, 是铀矿化赋存的主要部位); 原生岩石带, 岩石呈灰色、灰绿色或灰黑色, 黄铁矿有机质未被氧化, 铀含量达到正常背景值。

(4) 水文地质条件: 该区施工的一些钻孔中有承压自流水流出, 地下水补、径、排水动力系统发育完善。补给区南部觉罗塔格山为基岩裂隙水, 矿化度 7.89~8.76 g/L, 水化学类型为  $\text{Cl} \cdot \text{SO}_4 - \text{Na} \cdot \text{Ca}$  型水,  $\text{pH}=6.6 \sim 8.25$ ; 径流区总体为斜坡带, 地下水矿化度 8.46~12.16 g/L, 水化学类型为  $\text{Cl} \cdot \text{SO}_4 - \text{Na}$  型水,  $\text{pH}=7.10 \sim 7.33$ , 排泄区主要为艾丁湖。

(5) 构造条件: 该区新构造运动强度适中, 大的构造环境有利; 十红滩矿床南矿带就位于十红滩背斜的东翼; 北矿带受十红滩北部“坡折”或隐伏断裂控制(物探 TEM 测深表明, 北矿带延伸部位地层明显由陡变缓处, 为“坡中坡”的转折部位), 经研究, 这些控矿构造皆由新构造运动所造成。另外, 十红滩矿床成矿年龄为  $(104 \pm 1) \text{Ma}$ 、 $(24 \pm 1) \text{Ma}$ 、 $(7 \pm 0) \text{Ma}$  (用 14 个矿石样品测定全岩 U—Pb 同位素等时线年龄, 由核工业 203 研究所取样, 在核工业北京地质研究院测试), 说明成矿作用是多阶段的, 成矿持续时间也较长, 也说明了差异性新构造运动对成矿的控制作用。

(6) 铀源条件: 前已述及, 南缘蚀源区及中下侏罗统地层铀背景值均较高, 表明丰富的铀源对十红滩矿床的形成也是一个重要的因素。

① M.Ф. 马克西莫娃, E.M. 什玛廖维奇. 层间渗入成矿作用. 中国核工业地质局 203 研究所译(内部资料). 1996, 6~20.

## 2 盆地动力学演化与铀成矿作用的耦合

### 2.1 盆地构造演化的地球动力学作用

(1)盆地构造沉降与盆地演化:依据吐哈盆地、准噶尔盆地石油钻井资料作出该两地区构造沉降曲线并进行分析对比后认为<sup>[6]</sup>:二叠—三叠纪准噶尔盆地为挠曲及较稳定的拗陷式沉积;早、中侏罗纪吐哈盆地快速沉降,晚侏罗纪沉降稍慢,具区域伸展期沉降特点;晚侏罗—早白垩纪较缓慢沉降,早白垩—新近纪微有隆升;新近系—第四系沉积时期盆地为快速沉降,此时周缘山系隆升并向盆地内冲断,表现为快速挠曲沉降特点,并认为吐哈盆地与准噶尔盆地在晚侏罗世或早白垩世就已经分化。

(2)盆地构造层序与盆地演化:由区域不整合面所分隔的一套地层序列称之为构造层序。据区域地层资料,总体划分为 5 套构造层序:①前早二叠系基底层序:为前寒武纪结晶基底与海西期褶皱变质基底的复合;②晚二叠—三叠系:为较稳定环境下的陆相拗陷沉积;③侏罗系:形成断陷、拗陷盆地;④白垩系:早白垩世稳定沉降接受沉积,晚白垩世盆地趋于萎缩;⑤新生界:可分古近系及新近系—第四系两个亚层序,前者为干旱气候条件下的沉积,后者是吐哈盆地地质结构的形成时期。

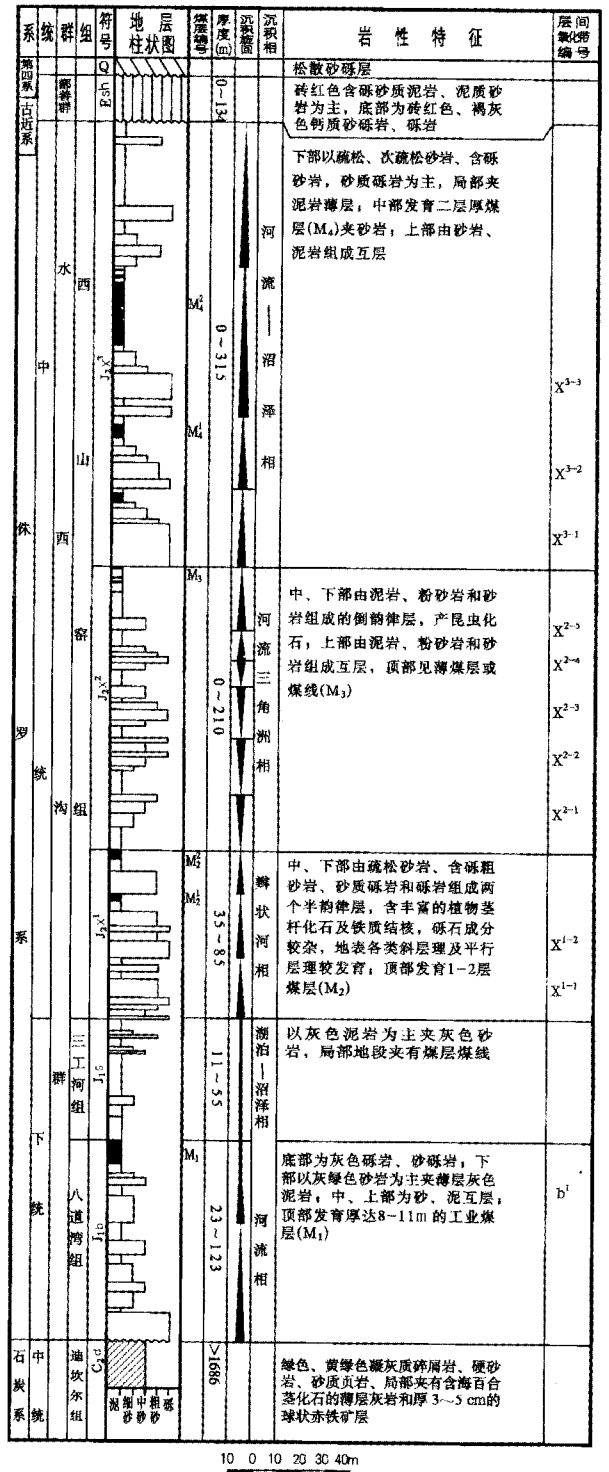
(3)板块运动与盆地演化:依据古地磁资料分析中国及邻区主要板块运动演化<sup>[7]</sup>,得到如下信息:①奥陶纪时西伯利亚板块、哈萨克斯坦板块、塔里木板块离散独立运动,总体为伸展环境;②早二叠—三叠纪时期前述三大板块逐渐拼合在一起,为一明显的挤压环境;③侏罗—白垩纪时期各板块又逐渐旋转移散,张扭作用形成广泛的伸展环境;④自中新世各板块又趋于旋转拼合,为挤压环境。但是,西伯利亚板块位置基本稳定,而塔里木和哈萨克斯坦板块则有向西伯利亚板块顺时针旋转靠拢的趋势,说明挤压作用动力主要来自于南方。

### 2.2 盆地动力学演化阶段与铀成矿作用

综合以上 3 方面的叙述,参照区域地质资料,笔者认为盆地的演化按伸展—挤压周期性演化特点大体分为 5 个阶段,其中每一大的演化阶段内又可见到小周期性的伸展—挤压盆地特征。联系到铀成矿作用,其中第 4~5 阶段与铀成矿作用有着最为直接的关系。

(1)前寒武系结晶基底形成阶段:盆地结晶基底包括中上元古界裂谷型沉积及古生代早期地台陆表海型沉积,肖序常等<sup>[8]</sup>称之为新疆古克拉通。主要分布在盆地南部,导致南部构造环境较稳定、而北部新构造活动极为强烈的结果,间接影响到后来中生代砂岩铀矿的分布。

(2)寒武纪—石炭纪伸展型被动大陆边缘沉积阶段:盆地



4 吐哈盆地南缘十红滩地区地层综合柱状图  
Fig. 4 Composite column of the Shihongtan area on the southern margin of the Turpan-Hami basin

在石炭纪发育一套以碎屑岩、火山岩、火山碎屑岩及浅海碳酸盐岩为主的被动大陆边缘沉积,这一套沉积物构成盆地的

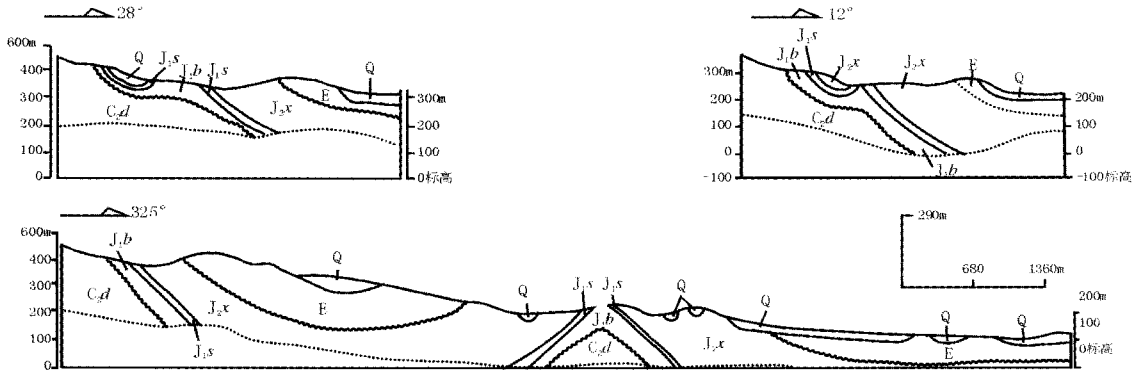


图5 艾丁斜坡带上由新构造运动形成的小型背斜构造

Q—第四系;E—古近系;J<sub>2x</sub>—西山窑组;J<sub>1s</sub>—三工河组;J<sub>1b</sub>—八道湾组;C<sub>2d</sub>—迪坎尔组

Fig. 5 Small anticlinal structure formed by neotectonic movement on the slope zone of Aydingkol Lake

Q—Quaternary; E—Paleogene; J<sub>2x</sub>—Xishanyao Group; J<sub>1s</sub>—Sanggonghe Group; J<sub>1b</sub>—Badaowang Group; C<sub>2d</sub>—Dikaner Group

直接基底,其中火山岩及火山碎屑岩具有较高铀丰度值,为中生代沉积物重要的铀源提供者<sup>[9]</sup>。

(3)二叠纪—三叠纪挤压型前陆盆地沉积阶段:该时期塔里木、哈萨克斯坦、西伯利亚等板块碰撞拼合,总体为挤压盆地发展环境。此时盆地演化的动力来源主要是应力作用。早在中石炭世初期,博格达裂谷形成,开始将吐哈地块与准噶尔地块分隔;早二叠世初期,盆地南侧为前陆挤压环境,北侧为与博格达裂谷有关的伸展台地环境,二者分界线大致在中央断裂一带;该断裂以北发育了浅海碎屑岩及石灰岩沉积组合,以南为前陆环境下残余海盆沉积;至晚二叠世博格达裂谷反转,出现向吐哈盆地的冲断推覆。

早三叠世主要是冲积—河流相为主的红色碎屑岩,主要分布在北部、西部等地;晚三叠世发生湖侵,几乎扩大至整个盆地。三叠系厚度为北厚南浅,这是由于二叠世晚期博格达山体的冲断负荷形成了一个较深的挠曲凹陷,而南侧觉罗塔格山则抬升遭受剥蚀造成的。

总之,该区在早二叠世以后进入陆相盆地沉积阶段,但由于早二叠世时期南侧为挤压环境,北侧为伸展台地环境,两者的差异造成北深南浅格局,至三叠纪更是延续和加深这一态势,从而奠定了盆地北深南浅的箕状或楔状沉积盆地格局,为后来中生代北部构造单元地下水渗出型而南部为渗入型盆地格局的始作俑者,影响到盆地中生代地浸砂岩型铀矿的形成分布。

(4)侏罗—白垩纪弱伸展型拗陷盆地阶段:此时盆地演化的动力主要是重力。早、中侏罗世,盆地物源以觉罗塔格山为主,沉积了一套温湿气候下的河湖相含煤碎屑岩建造,即中下侏罗统水西沟群,也是盆地层间氧化带砂岩型铀矿的含矿目的层。晚侏罗世在盆地大部分地区缺失,此时博格达山再度隆升向盆地推挤逆掩,使准噶尔盆地与吐哈盆地彻底隔断。

早白垩世盆地再度发生断陷沉积,吐谷鲁群主要分布于吐鲁番拗陷,为一套干旱气候下的红色碎屑岩建造;晚白垩

世在盆地大部分地区缺失,多处于抬升剥蚀未接受沉积。

侏罗纪—白垩纪西北各板块趋向于旋转离散,总体为伸展构造环境,其中早中侏罗纪及早白垩纪为拗陷盆地沉积阶段;虽然晚侏罗及晚白垩世局部为短时间挤压环境(从构造层序看,侏罗系与白垩系之间为角度不整合接触),却对南部水西沟群地层抬升有着积极意义,尤其是晚白垩世已是干旱气候,加速了从晚白垩世开始的层间氧化带发育及铀矿形成。

(5)新生代挤压型前陆盆地阶段:吐哈盆地古近系部善群主要分布于北部凹陷,南部较薄或处于剥蚀状态。新近系—第四系,由于青藏高原的迅速隆升,影响到吐哈盆地,表现为前陆盆地性质<sup>[10]</sup>,形成不均衡性新构造运动,由于地幔隆升,产生A型俯冲<sup>[11]</sup>,此时盆地演化的动力来源主要是应力。北部以断块运动及南北向逆冲推覆为主要形式,产生强烈造山区及深大拗陷,构造运动极为强烈,对铀成矿作用不利;南部则以间歇性抬升剥蚀为主,构造活动相对较弱,一方面形成一系列的近SN—NNE轴向的小型背斜及鼻状构造(图5),这些局部构造改变了地下水的流速及流向,是层间氧化带型铀矿进一步形成富集的外部动力;另一方面则形成现代地下水排泄源,使中下侏罗统地层层间承压水得以长期缓慢径流,使层间氧化带型铀矿不断地得到叠加富集。

参考文献(References):

[1] 中国科学院新疆地理研究所.天山山体演化[M].北京:科学出版社,1986.169~187.  
Xinjiang institute of Geography, Chinese Academy of Science. Evolution of Tianshan Mountain System[M]. Beijing: Science Press, 1986. 169~187 (in Chinese).

[2] 肖序常, 汤耀庆, 冯益民, 等. 新疆北部及其邻区大地构造[M]. 北京:地质出版社, 1992. 84~102.  
Xiao Xichang, Tang Yaoqing, Feng Yuming, et al. Tectonics in the north and nearby Area in Xinjiang[M]. Beijing: Geological Publish-

- ing House,1992.84~102(in Chinese with English abstract).
- [3] 赵文智,袁非,曾晓明.吐鲁番—哈密盆地的构造特征[J].石油学报,1992,13(3):9~18  
Zhao Wenzhi,Yuan Fei,Zheng Xiaoming. Tectonic feature of Turpan-Hami basin[J].Acta Petroleum Sinica.1992,13(3):9~18(in Chinese with English abstract).
- [4] 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,1993.170~264.  
Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang. Regional Geology of Xinjiang [M].Beijing:Geological Publishing Houes,1993.170~264(in Chinese).
- [5] 权志高,李占双.新疆十红滩砂岩型铀矿床基本特征及成因分析[J].地质论评,2002,48(4):430~436.  
Quan Zhigao,Li Zhanshuang. Geological characteristics and genesis of the Shihongtan sandstone—type uranium deposit,Xinjiang[J].Geological Review,2002,430~436(in Chinese with English abstract).
- [6] 何登发,赵文智.中国西北地区沉积盆地动力学演化与含油气系统旋回[M].北京:石油工业出版社,1999.16~41.  
He Dengfa, Zhao Wenzhi. Sedimentary Basin Dynamic Evolution and Petroliferous System Cycle in the Northwest Area in China [M].Beijing:Petroleum Industry Press.1999.16~41(in Chinese).
- [7] 方大钧,杨树锋,郭亚宾,等.中国三大板块晚古生代古地磁结果与构造演化相互关系的初探[A].见:李清波,等主编.现代地质学研究文集[C].南京:南京大学出版社,1992.199~210.  
Fang Dajin, Yang Shufeng, Guo Yabin, et al. Initial study on the relationship between upper Paleozoic paleomagnetism result and tectonic evolution in the three plates in China[A]. In: Li Qingbo, et al(eds.).Selected Papers of Modern Geology[C]. Nanjing: Nanjing University Press. 1992,199~210 (in Chinese with English abstract).
- [8] 刘池阳,赵红格,杨兴科,等.前陆盆地及其确定和研究[J].石油与天然气地质.2002,23(4):307~313.  
Liu Chiyang,Zhao Hongge,Yang Xingke, et al.Foreland basin and its definition and research [J].Oil and Gas Geology.2002,23(4):307~313.
- [9] 马瑞上,舒良树,孙家齐.东天山构造演化与成矿[M].北京:地质出版社,1997.1~20.  
Ma Ruishi,Shu Liangshu,Sun Jiaqi.Tectonic Evolution and Metallogeny of Eastern Tianshan Mountains[M].Beijing:Geological Publishing House.1997.1~20(in Chinese with English abstract).

## Metallogenic conditions of in-situ leachable sandstone-type uranium deposits and dynamic evolution of the Turpan-Hami basin

WU Bo-lin<sup>1,2</sup>, XU Gao-zhong<sup>2</sup>, LI Wei-hong<sup>2</sup>, GONG Bing-li<sup>2</sup>, ZHANG Fu-xin<sup>1</sup>

(1.Key Laboratory of Continental Dynamics of the Ministry of Education,  
Department of Geology, Northwest University, Xian 710069, Shaanxi, China;

2.No.203 Research institute, Bureau of Geology, CNNC, Xiayang 712000, Shaanxi, China)

**Abstract:** Analyses of the climate, geomorphologic features, groundwater dynamics, tectonics and structure, development conditions of interlayer oxidation zones and geological and geochemical characteristics of the ore target beds suggest that the metallogenic conditions of in-situ leachable sandstone-type uranium deposits in the north of the Turpan-Hami basin are notably different from those in the south (the slope zone of Aydingkol Lake, Liaonang depression and Nangfu depression). The basic cause is related to the difference in dynamic evolution in the southern and northern parts of the basin. According to the characteristics of tectonic subsidence, tectonic sequences and influence by plate motion, the tectonic evolution of the basin can be divided into five stages, of which the third stage (Carboniferous to Triassic), the compression-type foreland basin sedimentary stage, laid the foundation of the differences in tectonic evolution between the south and north of the basin, and had profound influence on the distribution of Meso-Cenozoic in-situ leachable sandstone-type uranium deposits, the fourth stage (Jurassic to Cretaceous), the weak extensional-type downfaulted basin stage, provided the material foundation for the formation of uranium deposits in the south of the basin, and the fifth stage (Paleogene to Quaternary), the Cenozoic compressional-type foreland basin stage, provided the sufficient exterior dynamic force for the formation and enrichment of the uranium deposits in the south of the basin.

**Key words:** in-situ leachable sandstone-type uranium deposit; metallogenic condition; basin dynamic evolution; Turpan-Hami basin