

伊犁盆地盆-山构造演化及流体演化与砂岩型铀矿成矿的关系

王军堂, 王成渭, 冯世荣

(核工业 216 大队, 新疆 乌鲁木齐 830011)

[摘要] 本文以伊犁盆地地层及构造分布格局为背景, 分析研究了盆地盆-山构造演化及流体演化与砂岩型铀矿的成矿关系, 认为伊犁盆地砂岩型铀矿成矿存在铀的预富集、预演化及进一步演化、叠加富集等阶段。

[关键词] 伊犁盆地; 盆-山构造演化; 流体演化; 铀成矿

[文章编号] 1000-0658(2008)01-0038-05

[中图分类号] P595

[文献标识码] A

1 地质背景

伊犁盆地位于哈萨克斯坦板块与塔里木板块夹持的伊犁微板块上, 为一南北挤压应力下形成的北陡南缓的箕状不对称大型山间坳陷盆地。盆地可分为北部褶皱带、中央凹陷带和南部斜坡带 3 个东西向带状展布的构造单元(图 1)。北部褶皱带断裂活动强烈, 地层上隆陡立; 中央凹陷带为盆地沉降中心, 中新界沉积厚度达 4000 m 以上; 南部斜坡带为相对稳定区, 中生代地层总体呈向北缓倾的单斜构造, 地层发育齐全, 沉积厚度适中, 为盆地最主要的产铀构造单元^[1~3]。

盆地基底为元古界、古生界, 由中上元古界蓟县系、青白口系、震旦系和古生界寒武系、奥陶系、志留系、石炭系和二叠系组成。盆地盖层发育较完整, 自下而上为三叠系、侏罗系、白垩系、第三系上新统和第四系。其中侏罗系为一套潮湿气候条件下形成

的冲积扇-扇三角洲-河流相含煤碎屑建造, 可划分为八道湾组(J_1b)、三工河组(J_1s)、西山窑组(J_2x)和齐古组(J_3q), 以微角度不整合于中上三叠统小泉沟群之上, 是盆地内铀、煤矿产的赋存层位。

2 盆-山构造演化

盆-山构造演化为铀成矿提供了时空环境和流体运移的能量^[4], 对成矿时代起着决定性的作用。伊犁盆地盆-山构造演化主要经历了 3 个阶段。

2.1 盆地基底的形成与演化

2.1.1 石炭纪火山裂谷基底的形成期

石炭纪火山裂谷作为盆地形成的基底, 火山岩以双峰式、碱性火山岩及相关岩浆活动为主, 并伴有大量陆源碎屑岩, 是断陷裂谷型滨海相-海陆交互相沉积环境的产物, 为盆地的形成、演化和构造格局奠定了基础。

[收稿日期] 2006-05-08 [改回日期] 2007-11-05

[作者简介] 王军堂 (1963-), 男, 工程师, 从事铀矿地质工作。

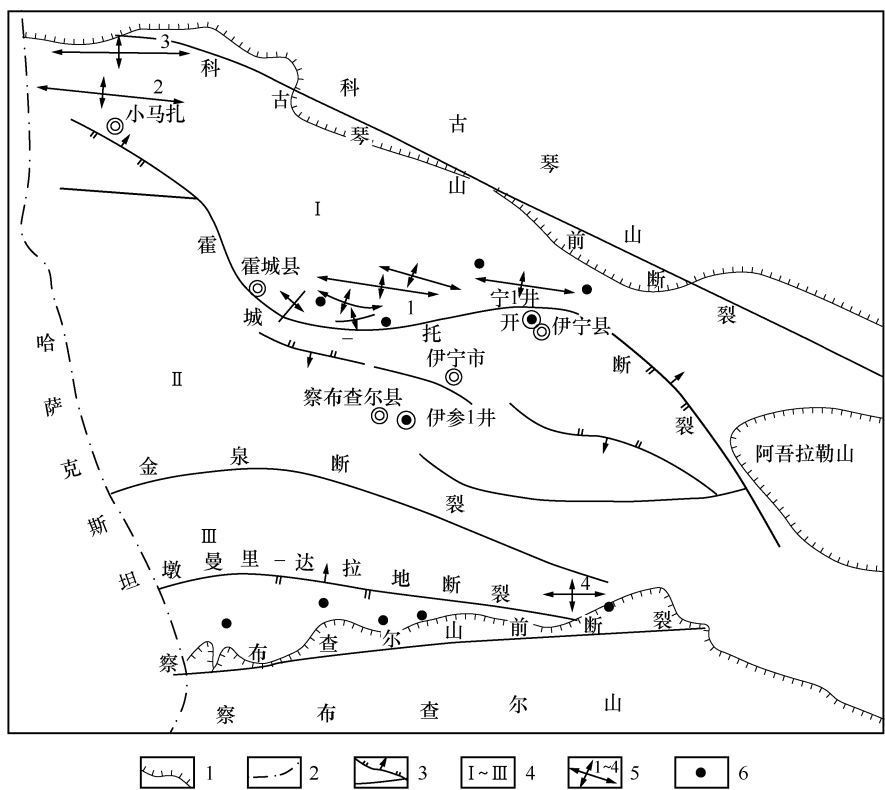


图 1 伊宁凹陷构造及铀矿分布示意图

Fig. 1 Schematic distribution of structure and uranium mineralization in Yining depression

1——盆地边界；2——国境线；3——断裂；4——构造单元（：北部褶皱带；：中央凹陷带；：南部斜坡带）；
5——背斜（1：北部背斜群；2：霍尔果斯背斜；3：霍尔果斯北背斜；4：察布查尔河背斜）；6——铀矿床及矿点。

2.1.2 二叠纪早期的裂陷盆地和晚期的拗陷盆地构造格局

二叠纪初期，盆地继承了石炭纪断陷裂谷的构造格局，以酸性火山岩和碱性玄武岩等为主，与石炭系呈构造角度不整合，仍具裂谷地堑组合的断陷火山盆地性质，但垒堑位置已变迁，是晚二叠纪拗陷盆地形成的基础。晚二叠纪总体为浅水海陆交互河湖相与沼泽相沉积，在盆地南北缘超覆于石炭系之上。

2.1.3 二叠纪末的构造运动与构造变形

二叠纪末发生了一次重要的构造变动，周边山系逆冲推覆抬升，二叠系普遍遭受褶皱变形，形成了盆地褶皱基底，三叠系呈角度不整合覆盖其上。

2.2 中生代盖层形成与演化

中生代盆地的发展总体经历了以下 3 个阶段。

2.2.1 三叠纪盆地的萎缩期

进入三叠纪以来，盆地周边山系继续抬升，引起盆地萎缩，沉积中心趋于伊宁凹陷（图 2），三叠系沉积范围小、厚度不大。

2.2.2 早中侏罗纪盆地的扩展、断陷-拗陷期

早中侏罗纪是盆地最广泛的一次扩展期，新的断陷-拗陷盆地的形成，显示了广阔地区的夷平沉降和断陷沉降，沉积中心偏北，现今盆地构造格局基本形成。此时气候温湿潮湿，形成了一套陆相含煤碎屑岩系，为铀的预富集^[1]、含氧含铀重力流体的渗入、层间氧化带的形成及铀的再富集提供了基础地质条件。晚侏罗世气候炎热干燥，造山运动加剧，盆地开始萎缩，形成了一套以原生氧化的黄色、杂色为主的沉积物。

2.2.3 白垩-古近纪盆地萎缩期

由于燕山运动末期天山山脉强烈隆升，盆

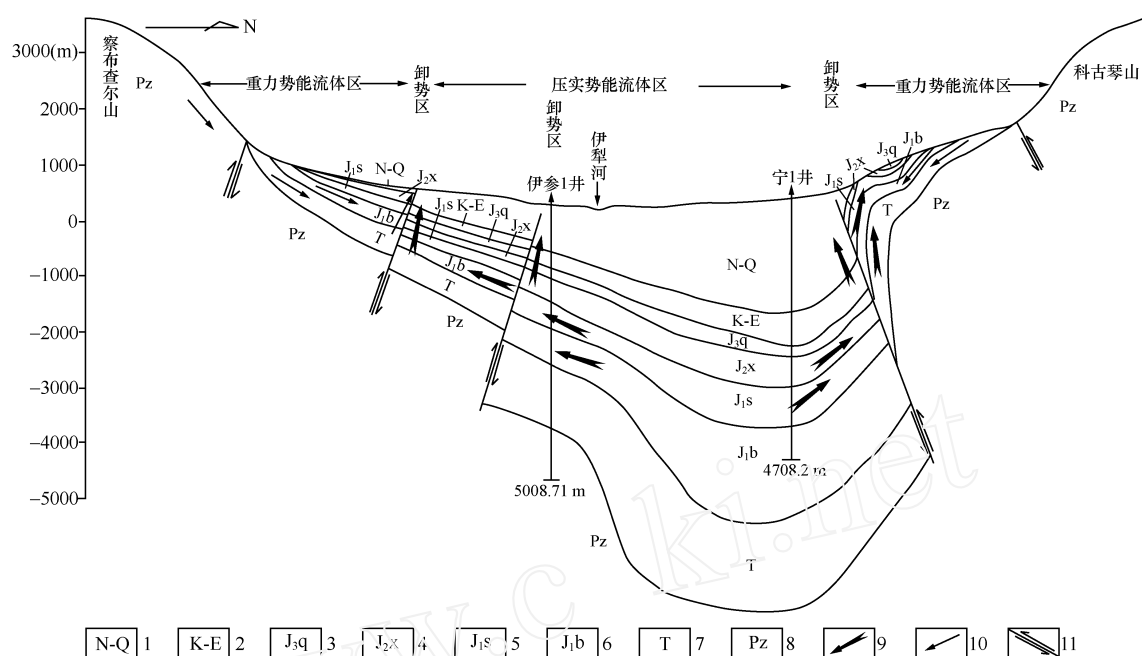


图 2 伊犁盆地构造剖面及流体运移示意图

Fig 2 Schematic section of structure and fluid migration in Yili basin

1——新近系，第四系；2——白垩系，古近系；3——齐古组；4——西山窑组；5——三工河组；6——八道湾组；7——三叠系；8——基底；9——有机流体流向；10——无机流体流向；11——断裂。

地内侏罗系初步抬升，普遍缺失下白垩统和古近系，仅在小范围内沉积了厚度较小的上白垩统。这一时期盆地南缘以抬升为主，造成侏罗系向北倾斜，在北缘则以挤压为主，侏罗系形成褶皱和断裂。

2.3 新构造运动期

新生代盆地继承了中生代晚期的构造特点，仍然处于上升期，下第三系发育不全或缺失。据石油钻孔和地震资料证明，伊犁盆地上第三系在各凹陷内普遍分布且厚度大，超过 2000 m，为早中侏罗纪沉积建造中的有机流体向盆缘运动提供了驱动力。

盆地边缘断裂的强烈活动表明，新第三纪是盆地又一主要下陷期，但这一时期气候炎热干燥，整个伊犁盆地以红色沉积物为主。这种构造和气候特点一直持续到第四纪。

3 流体演化

流体是成矿物质的载体和能量传递工具，在适合的时空环境下通过流体的物质和能量

的交换而成矿^[4]。根据流体物质属性划分为无机流体和有机流体；根据流体的能量属性划分为重力势能流体和压实势能流体^[5]。

3.1 主要流体特征

3.1.1 重力势能流体

以无机流体为主体，主要分布在盆地的造山带，其次分布于盆地边缘地带，在重力势能的驱动下，由造山带向盆地卸势区（排泄区）径流（图 2）。由于重力势能流体含氧量高，在径流过程中活化、淋滤岩石中的铀，形成含氧含铀重力势能流体，铀含量一般为 $(6.5 \sim 390.0) \times 10^{-6} \text{ g/L}$ 。

3.1.2 压实势能流体

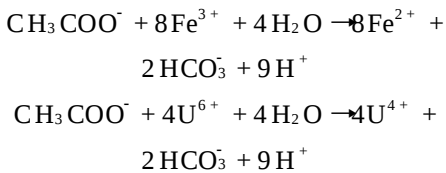
以有机流体为主体，主要分布在盆地的沉积中心，在地静压力的驱动下由沉积中心向卸势区径流（图 2）。对宁 1 井中下侏罗统孢粉的研究表明，该时期主要有裸子植物和蕨类植物^[2]，为盆地煤层及有机流体的形成提供了充足的物质基础；同时对宁 1 井中下侏罗统煤层及炭质泥岩热解分析、沥青化学分析

及干酪根镜检分析, 结果表明具有生油能力和生烃能力^[2], 也就是说中下侏罗统中有充足的还原有机流体。

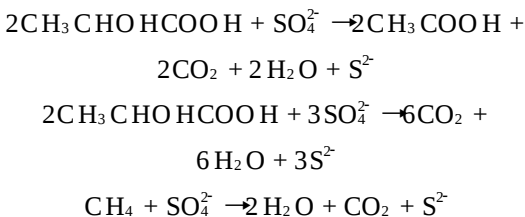
3.2 流体演化过程

流体演化是伴随盆-山构造演化而进行的, 在早中侏罗世由于特殊的沉积建造和气候环境, 形成了具有还原性的原生有机物重力势能流体和铀的预富集; 晚侏罗世气候转暖, 盆地萎缩, 不具备形成有机流体的条件。白垩-古近纪造山运动继续加剧, 在盆缘形成初期的重力流体, 盆中中下侏罗统的有机物进行初次演化, 形成初期有机流体。新构造时期由于盆-山构造运动再次加剧, 断裂复活, 盆中加积, 形成成熟的有机流体, 在地静压力的驱动下, 有机流体由盆中向卸势区径流。在重力的驱动下, 盆缘无机流体顺层向卸势区运移, 当含氧含铀重力势能流体和有机压实势能流体在接触带相遇时产生流体之间物质和能量交换, 形成铀矿化或矿床。

根据 Lovley 等 (1991) 研究表明, 生长在厌氧环境中的异化 Fe^{3+} 还原菌, 既可以通过酶催化方式氧化醋酸根, 使 Fe^{3+} 还原成 Fe^{2+} , 也可以通过氧化醋酸根, 将 U^{6+} 还原成 U^{4+} , 即:



并且, U^{6+} 的微生物还原作用较其它非生物还原作用具有速度更快的潜能^[3]。同时, 在沉积物和缺氧流体中有机质的分解可导致硫离子的析出, 从而促使金属硫化物的形成, 即:



在有生物及有机质参与的情况下, 硫酸盐的还原作用在室温下就可以进行^[3], 这一点

和矿体地下水中测得的水温在十几度变化范围内是相吻合的, 这就证实了铀为什么在常温下被还原沉淀, 也说明了铀与硫化物存在共生关系。

4 盆-山构造、流体演化与铀成矿的关系

伊犁盆地砂岩型铀矿分布在南缘的中下侏罗统中 (图 1), 北缘仅为一些矿点或矿化点。这种特征从根本上取决于盆地盆-山构造及流体演化史。根据盆地盆-山构造耦合和流体演化史, 伊犁盆地砂岩型铀矿的形成可划分为 3 个阶段。

4.1 铀的预富集阶段

这一阶段为盆地中下侏罗统形成期, 盆地广泛扩张拗陷, 气候温热潮湿, 植被茂盛, 河流发育, 形成了一套河-湖相含煤建造。由于沉积中心偏北, 南缘以河流-三角洲相为主, 北缘以河流-扇三角洲相为主, 南缘的成矿环境优于北缘。同时, 蚀源区铀的活化迁移使沉积物本身富铀, 形成铀的预富集, 为后期形成砂岩型铀矿床提供了丰富的铀源; 湿热的气候条件为形成有机流体提供了丰富的物质基础。

4.2 预演化及铀的初始富集阶段

这一阶段为晚侏罗世至古近纪, 盆地隆升并萎缩, 气候炎热干旱, 植被发育差, 为重力势能流体沿疏松砂岩顺层初期渗入提供了动力条件。南缘的抬升倾斜对重力势能流体渗入有利, 而北缘的挤压褶皱则相对不利。同时霍城-托开断裂和金泉断裂的复活, 为两种流体的卸势提供了空间, 因此, 含铀含氧水在重力势能作用下进入砂岩层, 形成了古层间氧化带和铀的初始富集, 氧化带规模一般不大, 铀品位不高, 但为后期的叠加富集奠定了基础。从伊犁盆地铀成矿年龄看^[1], 白垩纪中晚期有铀矿化作用发生, 表明该期是重要的铀矿化初始富集阶段。

4.3 进一步演化及铀的叠加富集阶段

新构造运动以来, 造山造盆运动的再次加剧为重力势能流体顺层渗入提供了更大的

动力,同时,后期盆中的持续沉积作用更有利于压实势能流体向卸势区的运移,在盆内南缘除了有金泉断裂卸势区外,还存在后期发育的墩曼里-达拉地断裂次级卸势区,从而减弱了压实势能流体向盆缘运移的趋势,使压实势能作用主要转入至墩曼里-达拉地次级断裂一带,有利于重力势能流体渗入,加快了层间氧化带持续向北发育。这一阶段形成的层间氧化带对古层间氧化带起着再次改造、叠加发育的作用,使该阶段成为盆地南缘最重要的铀成矿阶段。伊犁盆地南缘库捷尔泰-达拉地一带铀矿床的分布,说明墩曼里-达拉地断裂对铀的叠加富集和矿化空间的分布具有控制作用。南缘的砂岩型铀成矿年龄集中在 12 Ma、5~6.7 Ma、1~2 Ma,也说明新构造运动以来,盆地的构造演化正是层间渗入作用的发育和铀成矿的主要时期^[1]。

由于盆地沉积中心偏北,北缘的压实势能有机流体强于南缘,主要为顺层向上流动,直至露头区,造成层间氧化带发育受阻,以致不能发育大规模的层间氧化带,对成矿不利。但在卸势区,这一时期内仍有有机流体沿断裂上升并在上部红层中形成还原障而成矿,如苏鲁切津铀矿床。从上述分析认为,盆地内的深大断裂附近也是形成如苏鲁切津

型铀矿床的有利地段。

5 结 语

(1) 盆-山构造演化为砂岩型铀矿成矿提供了时空环境和流体运移的能量;流体的演化和运移是成矿物质和能量交换的载体,是铀成矿的基础。

(2) 在盆地砂岩型铀矿成矿预测选区中,对盆缘铀成矿前景做出评价的同时,更应注重对盆内深大断裂附近上部红层砂体成矿前景的研究。

[参考文献]

- [1] 夏毓亮,林锦荣,等.中国北方主要产铀盆地砂岩型铀矿成矿年代学研究[J].铀矿地质,2003.19(3):129~136.
- [2] 冯建辉,姜在兴,等.伊犁盆地层序地层及沉积学研究[M].北京:石油大学出版社,2000.
- [3] 殷鸿福,张文淮,等.生物成矿系统论[M].北京:中国地质大学出版社,1999.
- [4] 张文淮,张志坚.盆-山体系流体的演化与成矿[J].地质科技情报,1998第17卷增刊.
- [5] 康永尚,王捷.流体动力系统与油气成藏作用[J].石油学报,1999.(1):30~33.

Structure and fluid evolution of Yili basin and their relation to sandstone type uranium mineralization

WANG Jun-tang, WANG Cheng-wei, FENG Shi-rong

(Geologic Party No. 261, CN NC, Wurumuqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: Based on the summary of strata and structure distribution of Yili basin, the relation of structure and fluid evolution to sandstone type uranium mineralization are analyzed. It is found that uranium mineralization in Yili basin experienced ore hosting space forming, pre-alteration of hosting space, hosting space alteration and uranium formation stages.

Key words: Yili basin; structure evolution; fluid evolution; uranium mineralization