

青海省东草河地区铀矿化特征及找矿前景

刘松林, 戴佳文, 王勇, 白强

(青海省核工业地质局, 西宁 810001)

摘要: 东草河地区地处祁连—龙首山碱交代型铀成矿带, 铀矿(化)体主要产于构造破碎带中, 断裂构造多期次活动和碱交代岩的二次破碎是铀矿化形成的必要条件; 通过对岩石样品的岩相学分析、电子探针分析, 表明东草河地区的铀矿化为碱交代型; 东草河地区具备地层、构造、岩浆岩、热液活动及围岩蚀变等有利成矿条件, 围绕已发现的3条矿化蚀变带存在较好的找矿前景。

关键词: 铀成矿; 碱交代; 东草河地区; 找矿前景; 北祁连山造山带; 青海省

中图分类号: P619.14 **文献标识码:** A

0 引言

祁连山构造带宽约500 km, 整体走向NW-SE, 包括有阿拉善陆块、走廊早古生代弧盆带、北祁连中元古代—早古生代结合带及北祁连基底隆起—早古生代岩浆弧带四个构造单元^[1]。青海省东草河地区位于北祁连中元古代—早古生代结合带(图1a), 其主体位于托赖山南缘, 并呈NW向分布于北祁连基底隆起—早古生代岩浆弧带与阿拉善陆块间^[2-3]。

研究区处于祁连—龙首山碱交代型铀成矿带, 红土沟—冰沟铀成矿亚带, 该成矿带内已发现大型铀矿床1处, 矿(化)点44个^[4-5]。铀矿化类型主要为碱交代型铀矿床, 成矿属于海西早期。断裂构造控矿、钠交代体赋矿是该区铀矿化的重要特征^[6]。目前, 区内已发现的典型铀矿床(点)有扁都口621矿床、红岩湾1002矿床、大柳沟23号矿点、冰沟201号矿点等。区内成矿作用复杂, 矿化类型多样, 是青海省最重要的铀成矿带之一。

1 成矿地质背景

北祁连地区作为加里东期造山带, 代表了早古

生代北祁连洋消亡、俯冲、消减, 最终于早志留世碰撞造山的构造演化环境^[7]。该区于新元古代末期开始裂解、拉张至寒武纪, 奥陶纪北祁连洋扩张的同时开始向北消减, 中晚奥陶世北祁连中东段弧后盆地扩张, 志留纪北祁连洋闭合形成前陆盆地。区内加里东期构造发育, 断层以NNW向为主, 还发育有NW向、近SN向、NE向断层, 性质主要为逆断层。NW向和NNW向断裂是区内主要断裂构造, 控制着地层的分布、岩浆岩的形成, 同时也是重要的控矿构造^[8]。

东草河地区地层分区属北祁连山分区, 区内发育古元古界托赖岩群—深变质岩, 寒武系火山碎屑岩夹碳酸盐, 古近系—新近系陆相碎屑岩等, 第四系出露较少(图1b)。古元古界托赖岩群(P_{T1}T)分为片麻岩岩组、片岩岩组、大理岩岩组三个非正式的岩石地层单位, 其中片麻岩岩组与片岩岩组含U背景值较高($w(U)=4.86 \times 10^{-6} \sim 8.46 \times 10^{-6}$), 是良好的铀源体。中寒武统黑茨沟组(ϵ_2h)仅在工作区西南部小面积出露, 主要岩性为黑色页岩。古近系—新近系白杨河组(EN₆)出露于英雄沟脑—下西沟脑, 主要为砾岩、含砾砂岩。第四系(Q)主要分布在下西沟沟谷地带, 以坡、冲洪积砂砾石、黏土等为主。

区内广泛分布花岗岩类侵入体, 岩性主要有灰白色中细粒花岗闪长岩($\gamma\delta$)、肉红色中细粒黑云二

收稿日期: 2018-06-19; 责任编辑: 王传泰

基金项目: 青海省地勘基金项目(编号:青国土资矿2014-91)资助。

作者简介: 刘松林(1986—), 男, 工程师, 长期从事铀矿地质勘查工作。通信地址: 青海省西宁市城西区西宁市生物园区经三路38号, 青海省核工业地质局; 邮政编码: 810001; E-mail: 308905212@qq.com

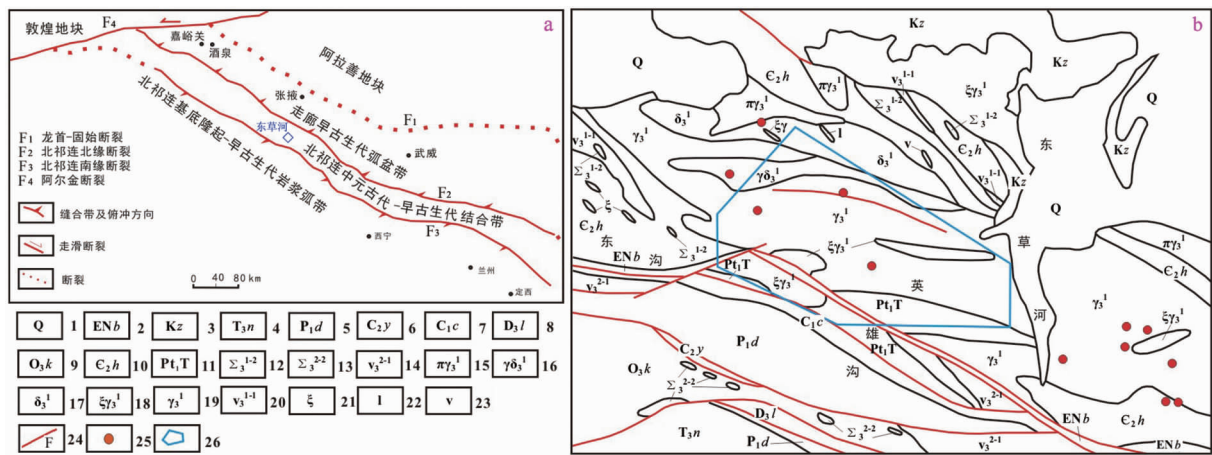


图1 青海省东草河地区地质图

Fig. 1 The geological sketch of Dongcaohe area, Qinghai province

1. 第四系(Q)混杂堆积; 2. 白杨河组(ENb)砾岩、砂砾岩夹砂岩; 3. 中沟组(Kz)砾岩、砂砾岩夹杂色砂岩;
4. 南营儿组(T₃n)砾岩、粗砂岩; 5. 大黄沟组(P₁d)含砾粗砂岩、石英砂岩; 6. 羊虎沟组(C₂y)石英砂岩夹碳质页岩;
7. 臭牛沟组(C₁c)砾岩、砂岩夹页岩、灰岩; 8. 老君山组(D₃l)砾岩、砂砾岩夹砂岩;
9. 扣门子组(O₃k)片理化安山岩、安山玢岩、板岩; 10. 黑茨沟组(Σ₃¹⁻²)片理化安山岩、凝灰岩夹石英岩;
11. 托赖岩群(Pt₁T)黑云片麻岩、大理岩; 12. 超基性岩(Σ₃³⁻²); 13. 超基性岩(Σ₃³⁻²);
14. 中粒辉长岩(γ₃¹); 15. 似斑状花岗岩(πγ₃¹); 16. 中粒花岗闪长岩(γδ₃¹);
17. 中粒闪长岩(δ₃¹); 18. 钾长花岗岩(ξγ₃¹); 19. 黑云母花岗岩(γβ₃¹); 20. 中粒辉长岩(γ₃¹);
21. 正长岩脉(ξ); 22. 细晶岩脉(ι); 23. 辉长岩脉(ν); 24. 断层; 25. 轴异常点; 26. 工作区范围

长花岗岩(βγγ)、肉红色细粒钾长花岗岩(ξγ)、肉红色似斑状花岗岩(πγ)、浅肉红色中细粒黑云母花岗岩(βγ)及肉红色细粒正长岩(ξ)。从岩体中的侵入接触关系来看,似斑状花岗岩侵入时间最早,之后黑云二长花岗岩、钾长花岗岩及花岗闪长岩,以岩体或岩脉的形式侵入于似斑状花岗岩体当中或顺层侵入于古元古界托赖岩群(Pt₁T)中,接触部位混合岩化较强。

地面伽马能谱测量结果显示:花岗闪长岩当量U平均值为 5.69×10^{-6} ,似斑状花岗岩当量U平均值为 7.64×10^{-6} ,黑云二长花岗岩当量U平均值 8.31×10^{-6} ,黑云母花岗岩当量U平均值 9.29×10^{-6} ,钾长花岗岩当量U平均值 13.67×10^{-6} ,细粒正长岩(碱交代岩)当量U平均值 66.47×10^{-6} 。以上地面伽马能谱测量结果表明,碱交代作用对铀具有明显的富集作用,碱交代岩为后期的铀成矿提供了良好的铀源。

2 铀矿化地质特征

研究区内出露地层主要为古元古界托赖岩群(Pt₁T)变质及加里东期侵入岩(γ₃¹),通过前人及本

次勘查工作,圈定了3条铀矿化蚀变带,长700~1500 m,宽60~200 m,围岩为斜长角闪片岩、细粒正长岩及黑云母二长花岗岩,蚀变带主要受构造破碎带控制。铀矿(化)体均产于正长岩体(ξγ₃¹)内部的构造破碎带中,富碱的正长岩体是碱交代岩型铀矿的成矿母体;岩体内断裂的变异部位、主次断裂的交汇部位,最有利于铀矿化富集。

断裂构造多期次活动,碱交代岩的二次破碎是铀矿在钠交代岩体中形成的必要条件,矿体主要赋存于保存完整碱交代岩体的构造膨大部位,属碱交代岩型铀矿。

2.1 构造控矿作用

区内断裂构造较为发育,多为走向近EW向、NNW向逆断层,另有少数性质不明断层。其中F₁₃、F₁₄、F₁₅是本区重要的控矿构造,与铀成矿关系密切(图2)。

F₁₃是区内重要的含矿构造之一,断裂长约1.9 km,破碎带宽约2~5 m,形态呈舒缓波状弯曲,走向呈近EW向,倾向N,倾角在50°~70°之间。勘查中发现的Ⅲ号铀矿化带与F₁₃断裂关系极为密切。破碎带内断层泥、断层角砾岩及糜棱岩发育,可见高岭土化、赤铁矿化、黄铁矿化、方铅矿化、硅化、碳酸盐化及绿泥石化等不同程度不同种类的矿化蚀变。

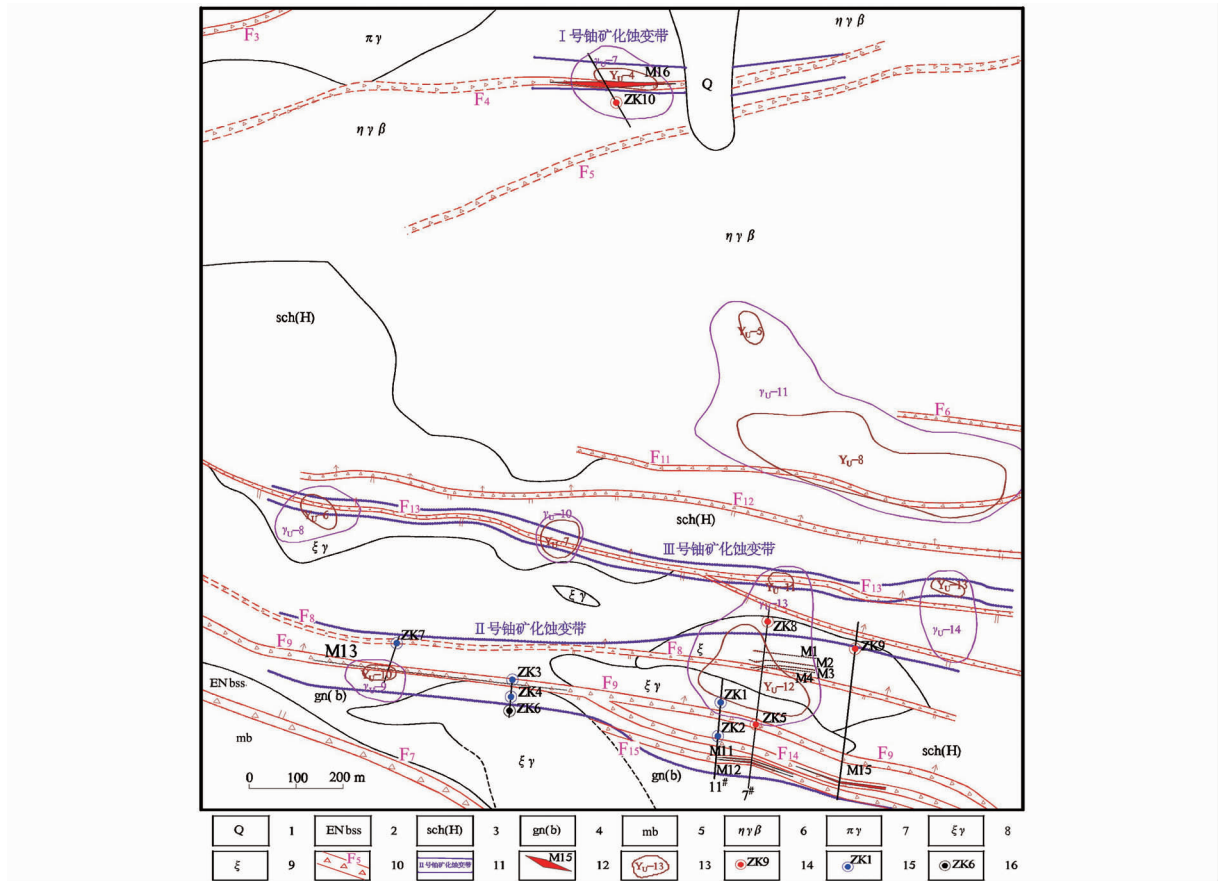


图2 东草河矿区地质及铀矿化特征图(据文献[9]改编)

Fig. 2 Map showing geological and uranium mineralization characteristics of Dongcaohe area

1. 第四系;2. 古近系含砾砂岩;3. 角闪片岩;4. 黑云片麻岩;5. 大理岩;6. 黑云母二长花岗岩;7. 斑状花岗岩;
8. 钾长花岗岩;9. 正长岩;10. 构造破碎带;11. 铀矿化蚀变带及编号;12. 铀矿体及编号;13. 铀异常带及编号;
14. 工业钻孔及编号;15. 矿化钻孔及编号;16. 未见矿钻孔及编号

F_{14} 断裂从空间位置及从属关系上看属于 F_9 断裂的次级断裂,出露长0.75 km,走向NNW,倾向NNE,倾角 $35^\circ \sim 45^\circ$ 。通过钻探工程验证,其深部发现了M15矿体,且走向往东延伸较好,由此推断 F_{14} 是一条重要的含矿构造。

F_{15} 断裂总体与 F_{14} 断裂平行,出露长约0.6 km,走向NNW,倾向NNE,倾角在 $50^\circ \sim 60^\circ$ 之间。通过钻探工程验证,深部发现了M11、M12矿体,说明该构造为含矿构造(见图2)。

2.2 围岩蚀变特征

东草河矿区碱交代作用非常发育,并具有多阶段演化特点,在成因上与本地区加里东期大规模中性岩浆活动有着密切的关系。具体表现为钾长石、钠长石交代花岗岩中的长石、石英,伴随K、Na、Si等元素的析出,围岩中形成交代钾长岩、交代钠长岩。地表及钻孔中均可见有肉红色细粒正长岩(图

3),其均为碱交代岩。根据岩矿鉴定报告,本区岩石的交代蚀变相为钠长石化-钾长石化。

矿区围岩蚀变发育,与成矿有关的围岩蚀变为赤铁矿化、碳酸盐化、绿泥石化、硅化、钠长石化、钾长石化等,且构造破碎带内发育碳酸盐化及绿泥石化。其中,成矿前热液蚀变主要为自交代所形成,包括赤铁矿化、钠长石化及硅化;成矿期发育碳酸盐化、钾长石化及绿泥石化,交代过程使铀得到富集成矿,且绿泥石化沿裂隙充填和交代斜长石、暗色矿物等,绿泥石与钾长石共生在一起,形成铀-绿泥石矿化类型;成矿后主要有硅化、碳酸盐化,以灰白色石英、白色方解石呈细脉充填于裂隙当中。

2.3 矿化蚀变带及矿体特征

(1) 矿化带特征

东草河工作区发育有3条较好铀矿化带。

I号铀矿化蚀变带位于英雄沟西侧(见图2),

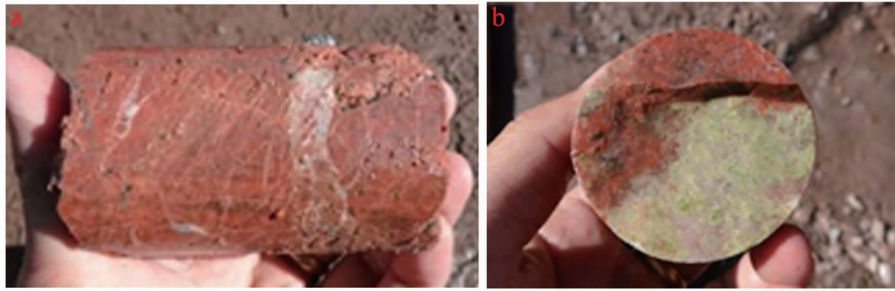


图3 东草河矿区围岩蚀变特征照片

Fig. 3 Surrounding rock alteration characteristics of Dongcaohe Mining area

a. 硅化; b. 绿泥石化

蚀变带宽 100~200 m, 断续长 700 m, 走向近 EW 向, 蚀变带受多组近 EW 向平行构造破碎带控制; 岩性为肉红色黑云母二长花岗岩。

Ⅱ号铀矿化蚀变带位于英雄沟两侧(见图 2), 宽约 100~120 m, 长 1 300 m, 走向近 EW, 蚀变带受黑云斜长片麻岩及正长岩体内部的破碎带控制, 带内发现 8 条铀矿(化)体 M1、M2、M3、M4、M11、M12、M13、M15(图 4)。蚀变带东段 M1、M2、M3、M4 矿体产于正长岩体内部的次级裂隙中, M11、M12、M15 矿体产于正长岩体内部后期的构造破碎带中, 蚀变带见有赤铁矿化、高岭土化、硅化、碳酸盐化及黄铁矿化; 西段发现的 M13 矿体, 产于黑云斜长片麻岩内部的破碎带内。

Ⅲ号铀矿化蚀变带位于英雄沟两侧(见图 2), 该带长 1 500 m, 宽 60~80 m, 受构造破碎带控制, 带内蚀变见有赤铁矿化、硅化、碳酸盐化、高岭土化等蚀变。

对比 I、Ⅱ号铀矿化带的特点, 笔者认为Ⅲ号带与 I、Ⅱ号带类似, 深部可能存在铀矿体, 有待进一步验证。

(2) 矿(化)体特征

东草河铀矿(化)体主要产于构造破碎带内, 呈层状、似层状, 含矿岩石为碱交代构造角砾岩。本次工作在Ⅱ号铀矿化带深部新圈定了三条铀矿(化)体(M13、M15、M16), 且均为深部的盲矿体。

M13: 长度约 100 m, 真厚度为 0.69 m, 倾向延伸 50 m, 矿体呈板状, 走向近 EW, 倾向 N, 倾角约 70°, 铀平均品位 $w(U) = 0.067\%$; 受构造破碎带控制, 含矿岩性为构造角砾岩, 与成矿有关的蚀变为赤铁矿化、硅化、碳酸盐化及黄铁矿化。M13 为工业铀矿体。

M15: 长约 145 m, 真厚度 1.24 m, 倾向延伸

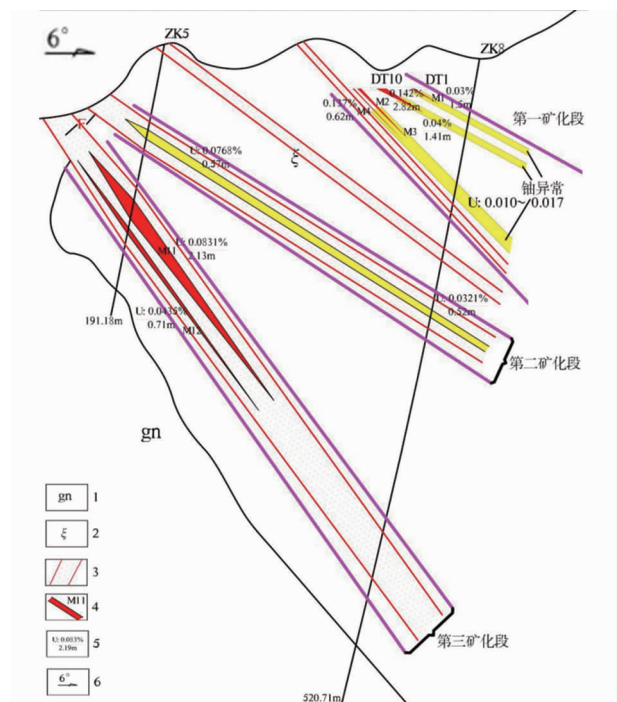


图4 Ⅱ号铀矿化蚀变带 7# 勘探线剖面图

Fig. 4 No. II uranium mineralization alteration belt

7# prospecting line section

1. 黑云母片麻岩; 2. 正长岩; 3. 构造破碎带;
4. 矿体及编号; 5. 铀矿品位及厚度; 6. 剖面方向

165 m, 呈似层状展布, 走向近 EW, 倾向 N, 倾角 32°~45°, 铀平均品位 $w(U) = 0.076\%$; 矿体产于构造破碎带中, 含矿岩性为构造角砾岩, 发育硅化、碳酸盐化等蚀变。钻探结果显示, 矿体沿倾向及走向均有延伸, 且往东矿体有厚度变大、品位变富特征。M15 为工业铀矿体。

M16: 长 100 m, 真厚度 1.63 m, 倾向延伸 100 m, 呈似层状展布, 走向近 EW, 倾向 SW, 倾角 75°~78°, 铀品位 $w(U) = 0.01\% \sim 0.03\%$; 矿体产于构造破碎带中, 含矿岩性为碎裂蚀变岩。M16 为矿化

体,尚不能满足工业开采。

2.4 矿石特征

(1) 矿石类型

东草河地区铀矿化产于细粒正长岩构造破碎带内,因受构造作用影响岩石较破碎,局部见糜棱岩化;含矿岩石主要为强硅化的碎裂岩,矿石类型为硅酸盐铀矿石。

(2) 铀矿石矿物组成特征

原生矿石呈黑褐色,镜下含铀矿物——沥青铀矿呈明亮的条带状(图 5a)、粉末状及团块状;脉石矿物呈灰色—深灰色团块状。沥青铀矿有两种产出形式,一种是沥青铀矿赋存于角砾岩裂隙胶结物中,呈浸染状、细脉状分布;另一种是呈星散状、不规则状分布于角砾旁侧。氧化矿石或者地表蚀变岩石表面可见铜铀云母(图 5b)、钙铀云母等次生铀矿物,矿石呈红褐色、蓝绿色。

电子探针分析表明,矿石中的原生铀矿物为沥

青铀矿,次生为硅钙铀矿(图 6a)、硅钾铀矿(图 6b)、钒钙铀矿。硅钙(钾)铀矿呈柠檬黄、浅稻黄或浅黄白色,以针状、纤维状、放射状的集合体形态产出;钒钙铀矿呈鲜黄色,以细鳞片状、土状、薄膜状产出。矿石中尚有金属矿物赤铁矿、黄铁矿,脉石矿物有独居石、锆石、绿泥石、方解石、萤石等。

(3) 矿石组构

矿石结构以细粒结构、胶状结构为主。矿石构造主要有角砾状构造、胶状构造和细脉状构造,其中角砾状构造为主要的矿石构造类型。角砾成分以正长岩为主,角砾大小不等,胶结物为方解石、黄铁矿等。

3 找矿前景分析

3.1 找矿标志

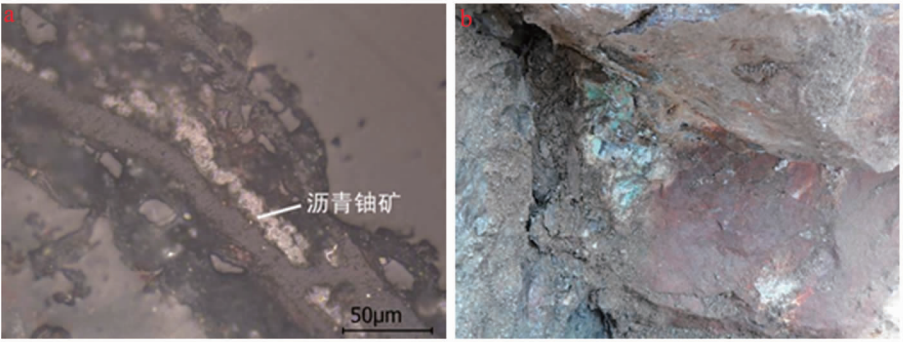


图 5 铀矿石样品照片及显微镜下鉴定

Fig. 5 Uranium ore sample photographs and microscopic identification

a. 沥青铀矿(反光下); b. 斑点状铜铀云母

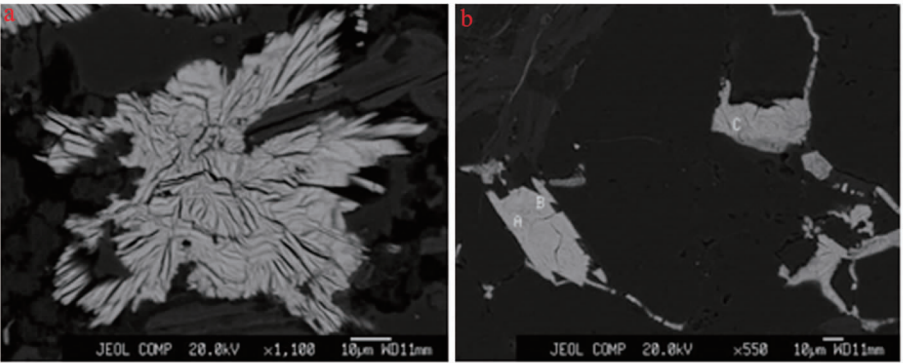


图 6 铀矿物电子探针背散射图

Fig. 6 Backscattered electron image for uranium minerals

a. 图中:亮色部位为硅钙铀矿,暗色部位为石英;b. 图中:A、B点为硅钾铀矿,C点为硅钙铀矿

(1)放射性标志:区内地面放射性伽马能谱异常、氡气异常。

(2)地层岩性标志:位于岩体外接触带的古元古界托赖岩群角闪片岩、片麻岩。

(3)岩浆岩标志:正长岩体(碱交代岩体),且能谱测量 $w(U) \geq 66.47 \times 10^{-6}$,即铀源丰富,是寻找碱交代岩型铀矿的岩浆岩标志。

(4)构造标志:区内与大断裂同期形成的近EW向次级断裂复合和分支地段,是寻找破碎蚀变岩型铀矿(后期变质热液蚀变岩型铀矿)的构造标志。

(5)围岩蚀变标志:区内红化、赤铁矿化、硅化、绿泥石化、碳酸盐化、高岭土化等,尤其红化是与铀矿化关系最密切的围岩蚀变标志。

3.2 找矿前景分析

东草河地区位于北祁连新元古代—早古生代缝合带,经历了多次构造运动;区内铀矿化与含铀建造、变质作用、岩浆活动及构造演化密切相关。区内出露的托赖岩群(P_{T1})含铀背景值高($w(U) = 5.6 \times 10^{-6}$),为铀成矿提供丰富铀源;岩浆活动强烈,加里东期酸性侵入岩铀含量高达 $w(U) = 19.6 \times 10^{-6}$,是良好的富铀地质体;构造运动具多期性活动特征,为岩体和托赖岩群中的铀元素活化、运移、富集成矿提供了非常有利的构造条件。

I号铀矿化蚀变带:受岩体内部的破碎带控制,且氡气异常规模大、连续性好、峰值较高,在249 m以下发育多条密集平行的构造破碎带,而钻孔中仅见有1条低品位矿体,推测其上部氡气高值区段在倾向延伸350~400 m可能存在富大铀矿体。

II号带东段:经钻探验证,发现M15矿体沿走向及倾向均有延伸,且厚度变大、品位变富,通过初步的资源量估算,M11、M12、M13、M15等矿体(如继续沿走向及倾向进行追索控制),有望达到小—中型铀矿床。

II号带西段:前人主要围绕地层进行铀矿找矿,而对深部岩体未进行验证,矿体均产于地层内部的构造破碎带中,其成矿的物质来源于深部岩体;结合东段岩体成矿事实,西段深部岩体是否存在富大矿体或东段矿体往西段是否延伸,有待进一步查证。

III号带:地表经探槽揭露,化学样分析品位较低,而物探编录,已发现了铀矿体;该带与I、II号带对比为相似,均为地表铀镭平衡破坏,铀流失,其深部可能存在铀矿体,须进一步检查验证。

4 结语

东草河地区古元古界托赖岩群变质岩、加里东期酸性侵入岩铀背景值高,初步认为二者为本区铀矿形成提供了丰富的铀源;NNW向断裂构造为区内的导矿构造,近EW向断裂构造为区内的控矿及含矿构造。

铀矿体均产于正长岩体内部的构造破碎带中,富碱的正长岩体是碱交代岩型铀矿的成矿母体;岩体内构造控矿,大断裂的变异部位、主次断裂的交汇部位,最有利于矿化富集;断裂构造多期次活动,碱交代岩的二次破碎是铀矿在钠交代岩体中形成的必要条件,矿体主要赋存于保存完整的碱交代岩体的构造膨大部位,属碱交代岩型铀矿。

东草河地区具备地层、构造、岩浆岩、热液活动及围岩蚀变等有利成矿条件,围绕已发现的3条矿化蚀变带存在较大的找矿空间,尤其是II号矿化蚀变的东部和深部具有良好的铀成矿潜力。

参考文献:

- [1] 张雪亭,杨生德,杨站君. 青海省区域地质概论[M]. 北京:地质出版社,2007:1-99.
- [2] Liu Xun, Gao Rui. The crustal structure and assembly of terranes in the Qaidam-Qilian-Beishan area, Western China [J]. Acta Geological Sinica, 1998, 72(3): 243-255.
- [3] Pan Baotian, Li Qingyang, Hu Xiaofei, et al. Cretaceous and Cenozoic cooling history of the eastern Qinlian Shan, north-eastern margin of the Tibetan Plateau: evidence from apatite fission-track analysis [J]. Terra Nova, 2013, 25: 431-438.
- [4] 李楷之,夏同近. 某区钠交代型铀矿化的含矿溶液来源探讨[J]. 放射性地质, 1979(5): 1-6.
- [5] 陈其平,安真昌,安国堡. 北祁连山中段北坡铀矿化成因类型、成矿条件及找矿远景[J]. 矿产与地质, 2010, 24(3): 245-250.
- [6] 黄净白,黄世杰. 中国铀资源区域成矿特征[J]. 铀矿地质, 2005(3): 129-138.
- [7] 李文渊. 祁连山主要矿床组合及其成矿动力学分析[J]. 地球学报, 2004, 25(3): 313-320.
- [8] 汤琳,张树明. 龙首山及岭复式岩体岩石地球化学特征及构造环境探讨[J]. 东华理工大学学报(自然科学版), 2015, 38(3): 265-272.
- [9] 王利文,俞永强,赵有军,等. 青海东草河地区铀多金属矿地质特征及找矿标志分析[J]. 中国锰业, 2017, 35(6): 42-44.

Character of uranium mineralization and the prospecting in Dongcaohe area of Qinghai province

LIU Songlin, DAI Jiawen, WANG Yong, BAI Qiang

(*Qinghai Geological Bureau of Nuclear Industry, Xining 810001, China*)

Abstract: Dongcaohe area is located in the alkali metasomatism type uranium metallogenic belt of Qilian-Longshou Mountain. Ore (mineralized) bodies occur mainly in the fractured zone. The multiple fracture activities and the secondary structural fragment of the alkaline metasomatism rocks are the precondition of uranium mineralization. Petrographic analysis and electron probe analysis of rock samples show that U mineralization in Dongcaohe area is the alkali metasomatism type. The area is superior in the ore-forming conditions, such as stratum, structure, magmatic rocks, hydrothermal activity and wall rock alteration. It is potential for further prospecting in surrounding of the three known U mineralization zones.

Key Words: uranium metallogeny; alkali metasomatism; Dongcaohe area; prospecting potential; north Qilianshan orogenic belt; Qinghai province