

doi:10.11835/j.issn.1000-582X.2019.08.011

会东县新开田地区铀矿化特征及控制因素分析

王战永, 孙泽轩, 孙悦, 刘秀林, 向杰, 张绎, 邓祖林

(核工业 280 研究所, 四川 广汉 618300)

摘要: 新开田地区处在康滇地轴中段东缘, 已发现冬瓜坪、坪街村、中梁子、大岩洞 4 个铀矿化点及众多异常点带。通过在该区开展专项地质测量、地面伽玛能谱测量、槽探及坑道揭露、样品分析等工作, 并结合中梁子和坪街村典型铀矿化体分析了该区的铀矿化特征, 发现中元古界黑山组和青龙山组炭质板岩、炭质千枚岩(平均铀含量 $7.5 \times 10^{-6} \sim 7.9 \times 10^{-6}$) 是主要的赋矿层位, 老街子断裂及其次级断裂是该区的控矿构造, 硅化、绢云母化、绿泥石化等与矿化有关的热液蚀变发育。笔者认为新开田地区铀矿化受地层及岩性、构造、热液蚀变等的控制作用明显, 老街子断裂与大马窝断裂挟持部位铀矿化信息丰富, 存在良好的岩浆、构造、热液条件, 为新开田地区最有利的成矿地段。

关键词: 铀矿化; 控矿因素; 构造; 老街子断裂; 新开田地区; 会东县

中图分类号: P619.14

文献标志码: A

文章编号: 1000-582X(2019)08-090-09

Mineralization characteristics of uranium deposits and the controlling factors in Xinkaitian, Huidong County

WANG Zhanyong, SUN Zexuan, SUN Yue, LIU Xiulin, XIANG Jie, ZHANG Ji, DENG Zulin

(Research Institute No.280, CNNC, Guanghan 618300, Sichuan, P. R. China)

Abstract: Xinkaitian area is located in the eastern margin of the central Kangdian Axis. Four uranium mineralization points in Dongguoping, Pingjie, Zhongliangzi and Dayandong, and a lot of abnormal points have been found. Special geological survey, ground gamma spectrometry survey, trough exploration and pit tunnel exposure, sample analysis and other work were carried out in this area, and in combination with typical uranium mineralization of Zhongliangzi and Pingjie village, the characteristics of uranium mineralization in this area were analyzed. The results show that the carbonaceous slate and carbonaceous phyllite in the Heishan formation and Qinglongshan formation are the main ore-bearing horizons (average uranium content is 7.5×10^{-6} to 7.9×10^{-6}); Laojiezi fault and its secondary faults are the controlling structure of the from area; the hydrothermal alteration related to mineralization are developed, such as silicification, sericitization and chlorolization. The authors think that uranium mineralization is controlled by stratum and lithology, structure, hydrothermal alteration, and with the rich mineralization information

收稿日期: 2019-03-05

基金项目: 中国核工业地质局区域评价项目“四川省会东—云南省因民地区铀矿资源调查评价”项目(201638-2)。

Supported by Investigation and Evaluation of Uranium Resources in Huidong Area, Sichan Province and Yinmin Area, Yunnan Province, regional evaluation project of China Nuclear Geology(201638-2).

作者简介: 王战永(1986—), 男, 硕士, 主要从事铀矿地质勘查研究工作, (E-mail) 410618312@qq.com。

in the zone between the Laojiezi fault and Damayao fault and good magmatic, tectonic and hydrothermal conditions, the area should be the most advantageous metallogenic section in Xinkaitian area and the key area for future prospecting.

Keywords: uranium mineralization; ore-controlling factor; tectonics; Laojiezi fault; Xinkaitian area; Huidong

新开田地区地处康滇地轴中段东缘,位于川滇交界处、金沙江北岸,属川滇黔铁铜多金属成矿带。铀矿化信息丰富,前人在该区开展了一系列的地质填图、地面伽玛能谱测量、探槽揭露等地质物探工作(四川省地质矿产局,1984;二八一大队,1991),但对该区铀矿控矿因素、成矿环境、矿化成因等缺乏深入研究,从而制约了该区的铀矿找矿工作。笔者在前人工作基础上,通过深入的野外调查和资料综合研究,采用热液型铀矿理论和近年来康滇地区格林威尔造山运动的最新认识^[1-7],结合新开田地区的铀矿化特征,着重对控矿因素进行分析,以期提高对该区的铀成矿作用、成矿规律认识,为下一步铀矿找矿工作提供参考。

1 区域地质背景

研究区位于扬子准地台西南部、康滇地轴中段东缘,跨米市-江舟断陷和东川断拱2个三级构造单元。

地层以中、新元古界为主。中元古界会理群主要由黑山组(Pt_2h)、青龙山组(Pt_2q)、淌塘组(Pt_2t)、力马河组(Pt_2l)一套浅一中变质岩地层组合组成,分布于研究区大部。新元古界震旦系主要出露于图幅中部麻塘断裂带中西部,角度不整合覆于中元古界之上(图1)。

区内断裂构造极其发育,除了北北东向的菜子园断裂、踩马水断裂及麻塘断裂外,南北向小江大断裂从本区东侧经过,尚有一系列活动时间较晚的近南北向断裂,如德干断裂等,此外,区内还发育大量更次一级的断裂。

本区岩浆岩发育,元古代有基性、中酸性岩浆喷发,继之为超基性、基性、酸性岩及有关脉岩侵入,以古元古代晚期的陆内裂谷型辉绿岩为主^[8],次为中元古代碰撞后板内伸展环境的菜园子花岗岩^[9];晚二叠世有大量基性岩喷发,并伴有超基性、基性、中性岩及有关脉岩的侵入;此外,少量白垩纪基性岩脉沿金沙江两岸出露,侵位至基底地层中^[10]。

2 矿区地质

2.1 地层

区内中元古界地层包括黑山组、青龙山组、淌塘组和力马河组,呈北东向展布,各组特征如图1所示。

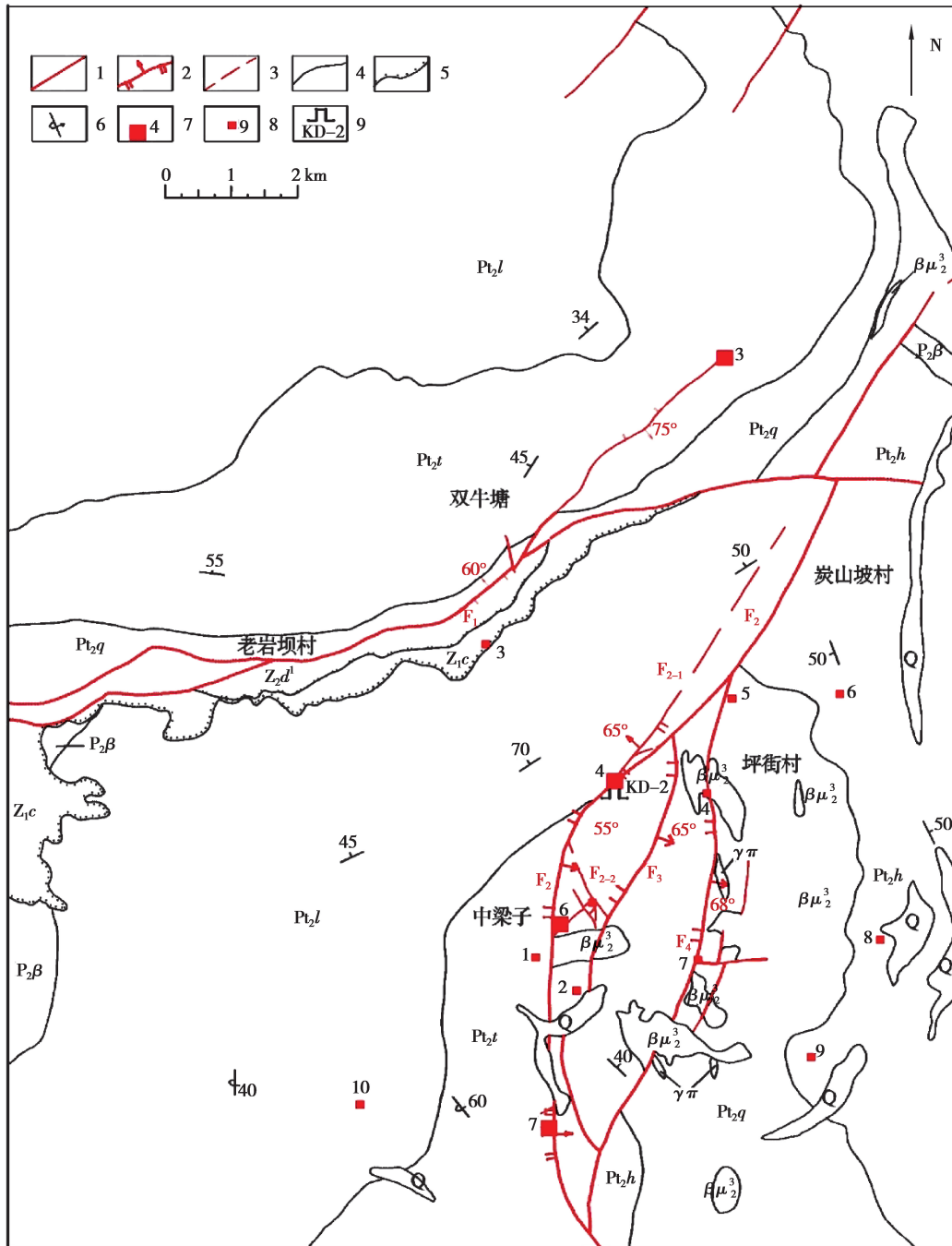
黑山组主要为一套普遍含炭质的粉砂至泥质沉积变质岩夹火山碎屑、碳酸盐岩及浅变质岩石。黑山组上部的炭质绢云千枚岩中常出现放射性异常,一般都与构造破碎带有关,随着炭质增高,放射性强度亦有增高。

青龙山组主要为一套碳酸盐岩夹砂泥质沉积变质岩及火山岩,以结晶白云岩-泥质条纹条带状结晶灰岩为主,夹多层(或透镜状)绢云千枚岩、变泥质砂岩,中段和上段夹透镜状赤铁矿、菱铁矿及变质火山岩。

淌塘组为一套深灰至灰黑色含炭质的板状碎屑岩,主要岩性有炭硅质板岩、绢云千枚岩,夹凝灰质绢云千枚岩、黑云绢云千枚岩,局部夹少量变泥质粉砂岩。

力马河组与下伏地层淌塘组呈整合接触,与上覆的震旦系澄江组或观音崖组呈角度不整合接触。

上元古界震旦系:区内上元古界震旦系出露不广,集中分布于大坪子-吴家坪一带,沿麻塘断裂一线展布。可分为上、下两个统;下统澄江组(Z_1c)属山麓堆积碎屑岩建造;上统包括观音崖组(Z_2g)和灯影组(Z_2d)为碳酸盐台地相镁质碳酸盐岩建造。



Q—第四系; Z_2d^1 —灯影组一段; Z_{1c} —澄江组; Pt_2l —力马河组; Pt_2t —淌塘组;
 Pt_2q —青龙山组; Pt_2h —黑山组; $\beta\mu_{23}$ —辉长辉绿岩; $\gamma\pi$ —花岗斑岩脉; $P_2\beta$ —峨眉山玄武岩;
 1—断裂构造及编号; 2—逆断层; 3—推断层; 4—不整合接触界线; 5—整合接触界线;
 6—地层产状; 7—矿(化)点及编号; 8—异常点及编号; 9—坑道位置及编号

图 1 会东县新开田地区铀矿地质图

Fig. 1 Geological map of uranium deposit in Xinkaitian area, Huidong County

2.2 构造

区内发育 3 条近南北向的褶皱,由西至东分别是新开田背斜、大马窑向斜、泥塘滩背斜。其中组成大马窑向斜的地层主要为青龙山组,两翼外围为黑山组。向斜宽缓,有短轴向斜之势,东翼略平缓,岩层倾向一般 $30^\circ \sim 40^\circ$ 。西翼被新开田断层破坏一部分,较东翼略陡。

近东西向麻塘断层(F_1);其实际上是一被强烈破坏的残余缝合线,经历了格林威尔造山运动构成板内伸

展的构造环境,为一些岩体的侵位创造了条件,如菜子园花岗岩^[7]。该断层北盘为青龙山组和淌塘组,在炭山坡以东为黑山组和力马河组。

近南北向断裂主要有老街子断层(F_2)、新开田断层(F_3)、大马窑断层(F_4):新开田地区老街子断层使淌塘组和黑山组直接接触。老街子断层广泛发育平行次级断裂裂隙,产状与地层一致,在中梁子地区形成向北西突出的宽100~200 m左右的断裂破碎带断裂带内岩石破碎,破碎带宽30 m,沿断层破碎带,集中分布了4、5、6、7号矿化点,是区内主要的控矿构造(图1)。

近南北向断裂 F_3 、 F_4 的北端均交于老街子断层, F_4 的南端亦交于老街子断层, F_3 为走向 20° 的正断层,倾向南东,断列带宽5~9 m,出露于黑山组和青龙山组。 F_4 在大马窑附近有构造角砾岩带,宽5~7 m,呈北东 30° 方向延伸,平街附近岩层破碎,有小错动和小褶曲。

北西向断裂 F_{2-2} 为老街子断裂的次级断裂,长400~600 m左右,宽度5~8 m,产状 $80^\circ \angle 35^\circ$,性质为平推断层。断层的下盘向SE向平移,上盘向NW向平移,断层断距30~50 m左右。在断层内见有明显大小不等的炭质板岩角砾,角砾大小不一,一般3~5 cm,大者大于10 cm,被炭质粉末、粉末矾类绿色脉所胶结,疏松,次一级构造中充填矾类绿色脉。

2.3 岩浆岩

研究区岩浆活动较为强烈,发育有火山岩、侵入岩。青龙山组、黑山组中有少量凝灰质绢云千枚岩、凝灰质板岩、凝灰岩,呈夹层状产出,区外东川奚家坪黑山组中见玄武岩夹层^[11]。

研究区侵入岩以元古代辉绿岩建造最为发育,其次尚有一些零星分布的印支期花岗斑岩小岩脉,空间上更靠近铀矿化点。

基性岩体分布于会东新开田至坪街一带,呈小岩株群出露,侵入于青龙山组和黑山组中。岩体边缘内接触带普遍出现热液角砾岩带,宽5~20 m。角砾岩与辉绿岩无明显界线,局部见角砾岩呈不规则状贯入辉长辉绿岩中,并使辉长辉绿岩形成褪色边。角砾成份几乎均为岩体边缘接触变质岩,胶结物为石英、钠长石、黑云母、绿泥石及方解石,时含板条状赤铁矿散布。说明该角砾岩带系岩体冷凝晚期分异的热液物质沿接触带贯入而形成。岩石相带不甚明显,主要由橄榄辉绿岩、辉绿岩及辉绿玢岩组成^[12]。

2.4 变质作用

研究区的变质作用主要为基底岩石的成岩变质、区域动力变质、后期动力叠加变质和接触变质等四种类型。成岩变质和接触变质作用,表现为在基性火山岩分布区出现钠长绿泥石千枚岩、钠长绿泥绿帘角闪片岩、钠长白云岩及基性侵入相外接触带附近出现钠长英角岩、云母角岩等类型的角岩带;区域动力变质作用,形成了广泛的千枚岩、板岩及结晶白云岩、结晶灰岩等;后期动力叠加变质作用,表现为沿主要断裂带及褶皱轴部叠加变质形成了黑云母带、绿帘石带及绿帘石角闪石带。区域变质作用使岩石破碎且裂隙发育,主要断裂带附件常发育有岩浆岩,为铀的迁移富集提供了动力和场所。

3 铀矿化特征

新开田地区已发现铀矿化点4处(见表1),异常点带10处,矿化类型均属构造—热液型,大都定位于近南北向断裂附近,主要的矿化点都分布于老街子断裂带及其次级断裂中(见图1)。

表1 四川省会东县新开田地区铀矿化点地质特征一览表

Table 1 Geological characteristics of uranium mineralization sites in Xinkaitian area, Huidong County, Sichuan Province

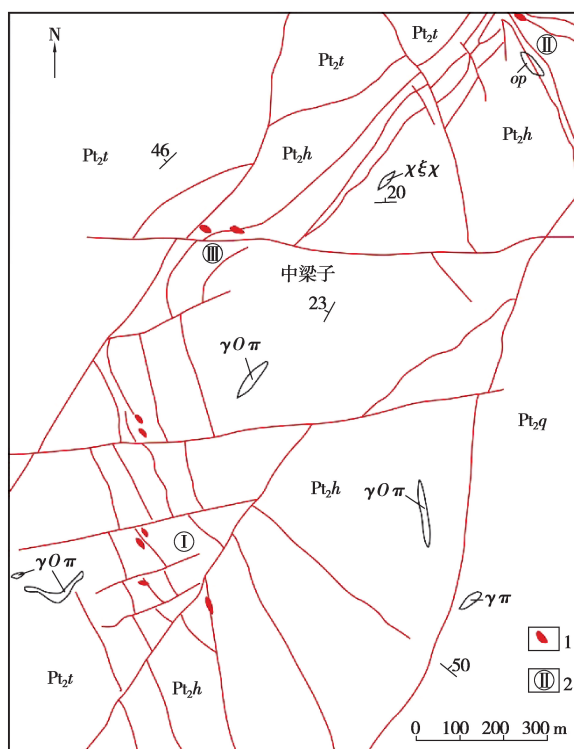
编号	矿化点	相关构造	赋矿层位及岩型	蚀变
3	冬瓜坪	位于北东向冬瓜坪断裂带	淌塘组(Pt_2t)灰黑色绢云千枚岩,部分含砂质、钙质	破碎带内有较多褐铁矿化、黄铁矿化、硅化、绿泥石化、炭化粉末等
4	坪街村	位于老街子断层破碎带上及次级断裂内	黑山组(Pt_2h)灰黑色绢云千枚岩、炭质绢云千枚岩和力马河组(Pt_2l)砂质绢云千枚岩	破碎带内有较多褐铁矿化、硅化、绢云母化、炭化粉末等

续表 1

6	中梁子	位于老街子断层破碎带上及次级断裂内	黑山组(Pt_2h)灰黑色炭质绢云千枚岩,砂质绢云千枚岩	炭化粉末、玻璃蛋白石化、绢云母化、硅化、褐铁矿化、黄铁矿化等
7	大岩洞	位于老街子断层西侧破碎带	淌塘组(Pt_2t)深灰色含砂质条带绢云千枚岩	主要由脉状蒙脱石化、黄铁矿化、玻璃蛋白石化、硅化和炭化粉末

3.1 典型矿化体特征

中梁子 6 号铀矿化点位于新开田北西 1 km 的中梁子一带,南北延长约 2 km(见图 2)。该矿化点异常及铀矿化体呈透镜状、团块状沿老街子断裂破碎带断续分布,少数与小挠曲转折部位有关。异常与矿化体多数在断裂带之黑山组一侧,其岩性主要为黑色炭质绢云千枚岩,部分为深灰色砂质绢云千枚岩。异常与铀矿化主要赋存于上述岩性形成的构造角砾、炭化粉末、玻璃蛋白石、褐铁矿、黄铁矿等组成的混合物中,多分布在破碎带收缩、膨大的变异部位及裂隙交叉处,以及构造角砾间。地表共见 3 个矿段,发现铀矿化体 9 个,单个长 4.6~10 m,宽 0.2~1.35 m,个别延深 15 m,铀品位 0.01%~0.137%,平均 0.041%。工业矿体 2 个,分别长 5 m 和 6 m,宽 0.6 m 和 0.88 m,延深 10 m,铀品位 0.074% 和 0.064%。



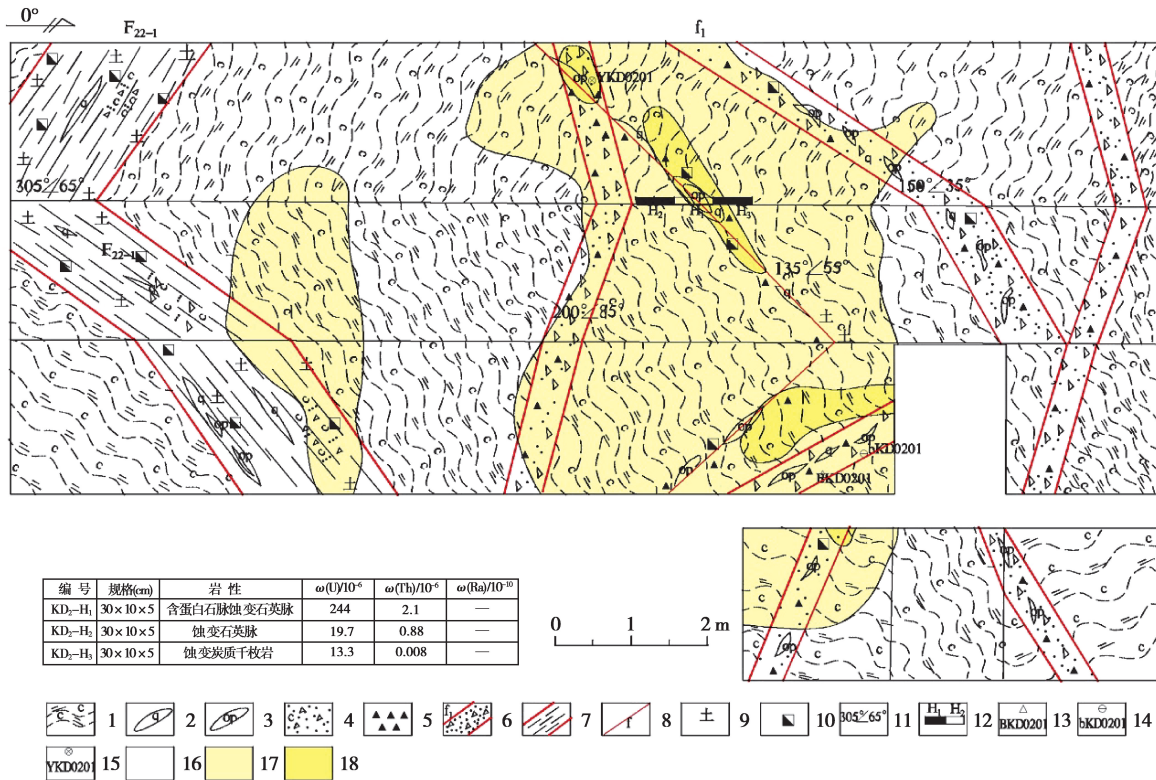
Pt_2t —淌塘组; Pt_2q —青龙山组; Pt_2h —黑山组; op —玻璃蛋白石脉; $\gamma\pi$ —霏细斑岩脉; $\chi\xi\chi$ —云斜煌斑岩脉;
 $\gamma\sigma\pi$ —斜长花岗斑岩脉;1—矿化体;2—矿化段位置及编号

图 2 会东县新田乡中梁子 6 号铀矿化点地质略图

Fig. 2 Geological sketch of uranium mineralization point No. 6, Zhongliangzi, Xintian, Huidong County

坪街村 4 号铀矿化点位于坪街西约 3 km,该矿化点与中梁子 6 号矿化点同位于老街子断层破碎带上,为其北延部分。出露地层为黑山组(Pt_2h)灰黑色绢云千枚岩、炭质绢云千枚岩、砂质千枚岩和淌塘组(Pt_2t)深灰色绢云千枚岩,及力马河组一段(Pt_2l^1)砂质绢云千枚岩夹少量变砂岩,力马河组与黑山组呈断层接触,分别位于老街子断裂的东西两侧。异常及铀矿化体呈透镜状、团块状分布于老街子断层破碎带及其次级断裂

内。共发现矿化体 5 个、矿体 1 个。其中矿化体长 3~15 m,宽 0.40~2.40 m,已知延深达 35~40 m,U 品位 0.023%~0.046%,平均 0.033%。矿体长 6 m,宽 1 m,U 品位 0.053%。该矿化点 2 号坑道,刻槽取样分析其品位为 0.024%(见图 3)。



- 1—炭质绢云千枚岩;2—石英脉;3—蛋白石脉;4—炭质粉末;5—构造角砾岩;6—构造破碎带;7—剪切挤压带;8—构造裂隙;
- 9—高岭土化;10—褐铁矿化;11—产状;12—刻槽取样位置及编号;13—薄片取样位置及编号;14—标本取样位置及编号;
- 15—化学取样位置及编号;16—伽码总量小于 50×10^{-6} ;17—伽码总量 $(50 \sim 100) \times 10^{-6}$;18—伽码总量 $\geq 100 \times 10^{-6}$

图 3 会东县新开田坪街村 4 号矿化点 KD-2 地质物探编录图

Fig. 3 Geological and geophysical survey compilation map of KD-2 in Pingjie village No. 4 mineralization site, Xinkaitian, Huidong County

3.2 蚀变特征

新开田地区岩石蚀变较发育,蚀变类型主要有:碳酸盐化、黄铁矿化、黄铜矿化、硅化、绢云母化、绿泥石化、高岭土化及褐铁矿化等中低温热液蚀变。褐铁矿化发育于近地表氧化带,为黄铁矿、菱铁矿、铁白云石等氧化所致。绢云母化普遍发育于各种围岩中,局部见少量白云母化。硅化、碳酸盐化、黄铁矿化、黄铜矿化主要发育于构造破碎带、裂隙带及其两侧附近。

4 控矿因素分析

4.1 地层层位及岩性

从地层来看,新开田地区黑山组平均铀含量高于其它地层,灯影组、观音崖租和青龙山组平均铀含量则相对较低,认为地层放射性差异主要由各地层岩石组合差异造成^[13]。岩性上来看,区内碳酸盐岩、辉绿岩铀相对较低,板岩、千枚岩次之,炭质板岩、炭质千枚岩较高,其中黑山组、青龙山组炭质板岩、炭质千枚岩铀含量均达到 7.5×10^{-6} 以上(表 2),是该区的富铀层位。

表 2 新开田地区地层及各岩性铀含量平均值一览表

Table 2 Mean values of uranium contents in strata and lithology in Xinkaitian area

地层代号	岩性	U(10 ⁻⁶)平均值	地层代号	岩性	U(10 ⁻⁶)平均值
Z _{2d}	白云岩	2.4		板岩、千枚岩	5.3
Z _{2g}	白云岩、白云质板岩	2.7	Pt _{2t}	炭质板岩、炭质千枚岩	4.9
	砂岩、砾岩	3.6		地层平均	4.8
Z _{1c}	地层平均	3.5		灰岩、白云岩	2.8
Pt _{2l} ³	板岩、变质砂岩	4.6	Pt _{2q}	板岩、千枚岩	4.5
	砂岩	3.9		炭质板岩、炭质千枚岩	7.9
Pt _{2l} ²	板岩、千枚岩	4.8		地层平均	3.8
	地层平均	4.8		灰岩、白云岩	4.5
	砂岩	4.3	Pt _{2h}	板岩、千枚岩	5.3
Pt _{2l} ¹	板岩、千枚岩	4.6		炭质板岩、炭质千枚岩	7.5
	地层平均	4.6		地层平均	6.3
βμ	辉绿岩	2.8		全区	4.4

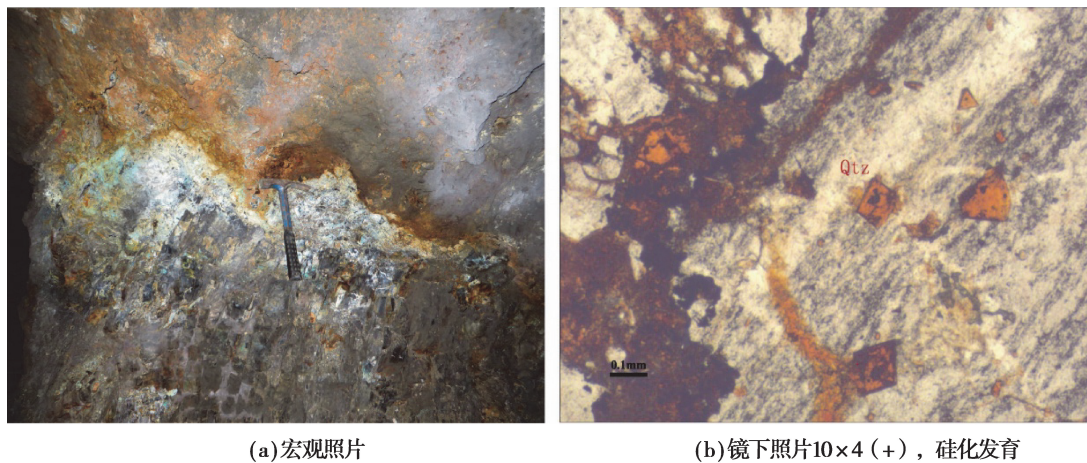
注:本数据由核工业二八〇研究所“四川省会东—云南省因民地区铀矿资源调查评价”项目采用 ARD 型地面伽玛能谱仪实测之后统计得出。

4.2 断裂构造控矿

4.2.1 老街子断裂和中梁子断裂为控矿构造

老街子断层(F₂)及其次级中梁子断层(F_{2.2})内岩石破碎,岩石产状凌乱。在地表矿化段主要发育硅化、绢云母化、绿泥石化、褐铁矿化等蚀变组合,为新开田地区的控矿构造。该构造既是导矿构造,为成矿流体的运移提供了通道;又是容矿构造,其内的构造角砾岩中均见有较好的铀矿化。

在坪街 4 号矿化点坑道内见老街子断层次级构造 F_{2.1},宽约 2.0 m,构造产状 305°∠65°,岩石破碎,片理化劈理化集中发育,高岭土化、褐铁矿化等蚀变较强,见石英脉和翠绿色蛋白石脉,镜下鉴定为构造角砾岩(见图 4)。刻槽取样分析,矿化体铀品位达 0.244‰,视厚度 0.3 m。矿体定位于 F₂ 断裂带的次级构造裂隙中,构造角砾岩发育处铀较为富集。



(a) 宏观照片

(b) 镜下照片10×4(+), 硅化发育

图 4 构造裂隙中铀矿化较为富集

Fig. 4 Uranium mineralization is relatively abundant in structural fractures

4.2.2 次级断裂为赋矿构造

老街子断裂(F_2)和中梁子断裂(F_{2-2})的次级断裂发育,部分次级断裂内岩石受构造应力作用明显,岩石多破碎,形成构造角砾岩等。构造内及其附近发育硅化绢云母化、绿泥石化、褐铁矿化等蚀变,矿化体定位于构造旁侧的次级裂隙中,这些次级裂隙即是区内铀矿化的赋矿构造。

中梁子6号矿点Ⅱ号矿段放射性增高带长约150 m,主要沿北西向 F_{2-2} 断层及其次级构造展布,共发现3处铀异常,均分布于老街子断裂带的次级断裂内或其交汇部位,岩性为炭质千枚岩、炭质构造角砾岩。

4.3 热液蚀变

该区不同程度的发育着以硅化、绢云母化、绿泥石化、高岭土化及褐铁矿化等为代表的中低温热液蚀变作用,在老街子断层(F_2)和中梁子断层(F_{2-2})内发育上述多种蚀变发育的构造中往往不同程度发育铀矿化,代表着铀成矿作用有热液活动的参与,也在一定程度上控制了铀矿化的产出。大岩洞7号矿化点,矿化赋存部位,炭质板岩(千枚岩)岩石发育了强烈的硅化,岩石的矿物成分:石英55%,炭质40%,绢云母5%。石英呈团块状富集,与金属矿物共伴生,为后期热液作用所致。

4.4 岩浆活动作用

新开田地区岩浆岩主要为辉长辉绿岩,呈岩筒、岩瘤或小岩株群沿南北向的断裂或不同方向断裂交叉处产出^[14-15],常侵位于黑山组和青龙山组中,从出露的多个岩株群推测,其深部可能连为一体。新开田地区的矿化点和异常点在空间上分布于基性岩体附近一定距离内的断裂带中(基性岩体中铀含量低),基性岩是地幔上隆、地壳拉张背景下的产物^[16]。从图2可以看出,空间上铀矿(点)与酸性岩脉更接近,推测铀的矿化作用与酸性岩脉形成的热液活动紧密相关。

5 结 论

新开田地区的铀矿化主要受地层及岩性、断裂构造、热液蚀变的控制。黑山组和青龙山组炭质板岩、炭质千枚岩铀含量高,可为铀成矿提供铀源;老街子断裂及其次级断裂控对该区的铀矿化起到了明显的控制作用,为铀矿化的运移及沉淀富集提供了良好的通道和空间,起到了导矿和容矿的作用;硅化、绢云母化、绿泥石化等中低温热液蚀变与铀矿化的关系较为密切;铀矿化与造山期后张性断块活动产生的构造热液活动有关系。因此,笔者认为老街子断裂与大马窑断裂挟持部位铀矿化信息丰富,为新开田地区最有利的成矿地段,是今后寻找构造热液型铀矿的重点地段。

参考文献:

- [1] Watt G. Early neoproterozoic events in east greenland[J]. *Precambrian Research*, 2001, 110(1/2/3/4): 165-184.
- [2] Tack L, Wingate M T D, Liegeois J P. Early Neoproterozoic magmatism of the Zadinian and Mayumbian Groups (Bas-Congo): onset of Rodinia rifting at the western edge of the Congo craton[J]. *Precambrian Research*, 2001, 110(1/2/3/4): 277-306.
- [3] Hellström F A, Johansson Å, Larson S Å. Age and emplacement of late Sveconorwegian monzogabbroic dykes, SW Sweden[J]. *Precambrian Research*, 2004, 128(1/2): 39-55.
- [4] Li Z X, Li X H, Zhou H W, et al. Grenvillian continental collision in south China: New SHRIMP U-Pb zircon results and implications for the configuration of Rodinia[J]. *Geology*, 2002, 30(2): 163.
- [5] 耿元生, 杨崇辉, 杜利林, 等. 天宝山组形成的时代和形成环境: 锆石 SHRIMP U-Pb 年龄和地球化学证据[J]. *地质论评*, 2007, 53(4): 556-562.
GENG Yuanzheng, YANG Chonghui, DU Lilin, et al. Chronology and tectonic environment of the Tianbaoshan formation: new evidence from zircon SHRIMP U-Pb age and geochemistry[J]. *Geological Review*, 2007, 53(4): 556-562. (in Chinese)
- [6] 杨崇辉, 耿元生, 杜利林, 等. 扬子地块西缘 Grenville 期花岗岩的厘定及其地质意义[J]. *中国地质*, 2009, 36(3): 647-657.
YANG Chonghui, GENG Yuanzheng, DU Lilin, et al. The identification of the Grenvillian granite on the western margin of the Yangtze Block and its geological implications[J]. *Geology in China*, 2009, 36(3): 647-657. (in Chinese)

- [7] 王红军, 李巨初, 薛钧月, 等. 康滇地轴元古代成矿作用对 Rodinia 事件的响应[J]. 四川地质学报, 2009, 29(1): 11-15.
WANG Hongjun, LI Juchu, XUE Junyue, et al. Response of proterozoic mineralization on the kangdian axis to the Rodinia breakup[J]. Acta Geologica Sichuan, 2009, 29(1): 11-15.(in Chinese)
- [8] 朱华平, 范文玉, 周邦国, 等. 论东川地区前震旦系地层层序: 来自锆石 SHRIMP 及 LA-ICP-MS 测年的证据[J]. 高校地质学报, 2011, 17(3): 452-461.
ZHU Huaping, FAN Wenyu, ZHOU Bangguo, et al. Assessing precambrian stratigraphic sequence of Dongchuan area: evidence from zircon SHRIMP and LA-ICP-MS dating[J]. Geological Journal of China Universities, 2011, 17(3): 452-461.(in Chinese)
- [9] 王生伟, 廖震文, 孙晓明, 等. 会东菜园子花岗岩的年龄、地球化学: 扬子地台西缘格林威尔造山运动的机制探讨[J]. 地质学报, 2013, 87(1): 55-70.
WANG Shengwei, LIAO Zhenwen, SUN Xiaoming, et al. Age and geochemistry of the Caiyuanzi granite in Sichuan, SW China: mechanism of the Grenvillian orogenic movement in the western margin of Yangtze block[J]. Acta Geologica Sinica, 2013, 87(1): 55-70.(in Chinese)
- [10] 王生伟, 廖震文, 孙晓明, 等. 康滇地区燕山期岩石圈演化: 来自东川基性岩脉 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄和地球化学制约[J]. 地质学报, 2014, 88(3): 299-317.
WANG Shengwei, LIAO Zhenwen, SUN Xiaoming, et al. The Yanshanian lithospheric evolution in the Kangdian area: restriction from SHRIMP zircons U-pb age and geochemistry of mafic dykes in Dongchuan, Yunnan province, SW China[J]. Acta Geologica Sinica, 2014, 88(3): 299-317.(in Chinese)
- [11] 周邦国, 王生伟, 孙晓明, 等. 四川会东新田金矿床地质特征及找矿远景[J]. 地质与勘探, 2013, 49(5): 872-881.
ZHOU Bangguo, WANG Shengwei, SUN Xiaoming, et al. Geological characteristics and prospecting perspective of the Xintian gold deposit in Huidong county, Sichuan province, southwestern China[J]. Geology and Exploration, 2013, 49(5): 872-881.(in Chinese)
- [12] 严高峰, 杨忠华, 赵其祥, 等. 1:5 万会东幅等四幅区域地质调查联测报告[R]. 四川: 四川省地质矿产局攀西地质大队区调一队, 1984.
YAN Gaofeng, YANG Zhonghua, ZHAO Qixiang, et al. Joint survey report of regional geological survey of 1:50000 Huidong et al[R]. Sichuan: The First Regional Geological Survey Team of Panxi Geological Brigade, Sichuan Geology and Mineral Resources Bureau, 1984. (in Chinese)
- [13] 许谱林, 张鸿, 吴勇, 等. 赣杭铀成矿带中段鹅公山火山盆地铀矿控矿因素分析[J]. 铀矿地质, 2017, 33(1): 22-28, 36.
XU Pulin, ZHANG Hong, WU Yong, et al. Analysis on ore controlling factors of uranium deposits in Egongshan volcanic basin, middle Ganhang uranium metallogenic belt[J]. Uranium Geology, 2017, 33(1): 22-28, 36.(in Chinese)
- [14] 四川省地质局第一区域地质测量队. 1:20 万会理幅区域地质测量报告[R]. 四川: 地质部四川省地质局第一区域地质测量队革命委员会, 1970.
The First Regional Geological Survey Team of Sichuan Geological Bureau. Regional geological survey report of 1:200000 Huili [R]. The Revolutionary Committee of the First Regional Geological Survey Team of Sichuan Geological Bureau, 1970. (in Chinese)
- [15] Tsang H, Akhtar S, Saif-Ur-rehman, et al. The uranium prospects in mikaregion, northeastern nigerian[J]. Open Journal of Geology, 2018, 8(11): 1043-1055.
- [16] 郭葆擘, 钱法荣, 蔡煜琦, 等. 康滇地轴中南段铀成矿条件及远景分析[J]. 铀矿地质, 1997, 13(4): 202-208.
GUO Baochi, QIAN Farong, CAI Yuqi, et al. Analysis of uranium metallogenic conditions and prospect in the central-south part of the Xikang-Yunnan axis[J]. Uranium Geology, 1997, 13(4): 202-208.(in Chinese)