

准噶尔盆地顶山地区乌伦古河组砂岩元素 地球化学特征及其地质意义

张建军^{1,2}, 牟传龙^{3*}, 何明友⁴, 赵福金⁵, 周恩恩³,
伍皓³, 陈小炜³, 夏彧³

1. 中国地质科学院, 北京 100037; 2. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 3. 成都地质调查中心, 成都 610081;
4. 成都理工大学, 成都 610059; 5. 中国石油集团川庆钻探工程有限公司地质勘探开发研究院, 成都 610051

摘要:准噶尔盆地顶山地区乌伦古河组发育有砂岩型铀矿化, 为进一步勘探提供理论依据, 详细研究了铀矿化的物源, 探讨了成矿地质背景。本文对采自顶山地区的 32 件样品进行了详细的元素地球化学研究。结果表明, 乌伦古河组砂岩组分受源岩控制, 经历了较弱的沉积再循环作用, 物源距离适中; 沉积物源为长英质火山岩和安山岩混合来源; 沉积物源区为大陆岛弧构造背景。综合分析认为: 寒武纪-早志留世, 北准噶尔洋伸展-消减旋回, 形成了加里东期大陆岛弧中性-酸性侵入岩体; 晚志留世-早石炭世, 克拉美丽有限洋盆拉张聚敛旋回, 形成了海西期大陆岛弧中性-酸性侵入岩体。新第三纪加里东期和海西期大陆岛弧中性-酸性侵入岩体遭受风化剥蚀, 于乌伦古凹陷沉积形成乌伦古河组碎屑沉积岩。

关键词:准噶尔盆地; 顶山地区; 乌伦古河组; 元素地球化学; 物源; 构造背景

中图分类号: P595 文章编号: 1007-2802(2017)06-1026-08 doi: 10.3969/j.issn.1007-2802.2017.06.018

Geochemical Characteristics and Their Geological Signification of Wulunguhe Formation in Dingshan area, Junggar basin

ZHANG Jian-jun^{1,2}, MOU Chuan-long^{3*}, He Ming-you⁴, ZHAO Fu-jin⁵, ZHON Ken-ken³,
WU Hao³, CHEN Xiao-wei³, XIA Yu³

1. Chinese Academy Of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2. China University of Geosciences, Beijing 100083, China;
3. Chengdu Geological Survey Center, Chengdu 610081, China; 4. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;
5. Geological Exploration and Development Research Institute of Chuanqing Drilling Engineering Co. Ltd., Chengdu 610051, China

Abstract: Sandstone-type uranium mineralization were developed in the Wulunguhe Formation at the Dingshan area, Junggar basin. The sedimentary provenance and tectonic setting are carried out in order to understanding the exploration potential in the area. In these study, 32 samples were performed for elemental geochemistry analyses. The results show that composition of such sedimentary rocks is dominantly originated from felsic volcanic rocks and andesite in continental island arc. The North Junggar Ocean was developed in Cambrian-Early Silurian period and formed intermediate-felsic intrusions in Caledonian continental area, whereas the Kalameili Ocean experienced extension-compression cycle and formed intermediate-felsic plutons at the variscan continental arc. In Neogene, weathering and erosion of rocks of both arcs resulted in the deposition at the Wulugu area, forming the Wuluguhe Formation.

Key words: Junggar basin; Dingshan area; Wulunguhe Formation; geochemistry of element; provenance; tectonic setting

碎屑沉积岩化学组成特征主要受物源和沉积环境等共同控制, 不同来源的碎屑沉积岩化学组成特征通常不同, 因此, 通过碎屑沉积岩化学组成特征可以揭示其物源和沉积环境 (Taylor *et al.*, 1985;

收稿日期: 2017-05-16 收到, 2017-08-31 改回

基金项目: 中国地质调查局项目 (DD20160201)

第一作者简介: 张建军 (1987-), 男, 博士研究生, 研究方向: 沉积地质、铀矿地质, E-mail: jianjunzhang87@163.com.

* 通讯作者简介: 牟传龙 (1965-), 男, 博士生导师, 研究员, 研究方向: 沉积地质、油气地质. E-mail: cdmchuanlong@163.com.

McLennan and Taylor, 1991)。准噶尔盆地顶山地区乌伦古河组发现有砂岩型铀矿显示,铀矿化受氧化-还原带前锋线控制,铀矿体呈板状、卷状,具成矿时间晚,铀-钼不平衡等特征(何江涛,2000;林双幸和王果,2003)。针对顶山地区砂岩型铀矿开展了构造、水文、沉积及铀矿化特征等方面研究(师志龙,2002;谭鸿赞,2002;唐湘飞,2002;王果,2003;张卫民等,2004;陈正乐等,2006),而沉积物源研究薄弱。砂岩型铀矿铀源受沉积物源及其构造背景制约,为满足砂岩型铀矿进一步勘查需要,本文采用元素地球化学特征方法对乌伦古河组沉积物源及其构造背景进行探讨。

1 地质背景

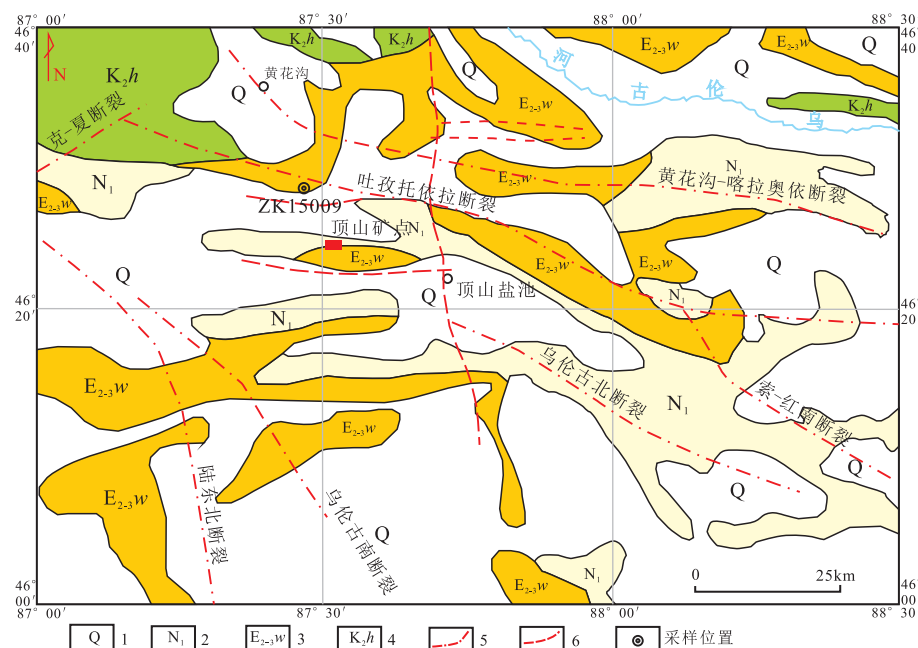
顶山地区位于准噶尔盆地北部3个泉隆起与乌伦古凹陷交接部位,东邻青格里底山、南邻3个泉断裂、西至德南-石英滩凸起、北达乌伦古河(图1)。中生代以来,受西伯利亚板块向南的抵触作用和南强北弱的近南北向挤压构造作用影响,准噶尔盆地南部强烈下拗,北部缓慢抬升,形成了准噶尔盆地一大型斜坡带,倾向南西,其中古近系倾角为 $1^{\circ} \sim 2^{\circ}$,顶山地区即位于斜坡带上。顶山地区断裂构造发育,整体呈北东向、北西向,受吐孜托依拉断裂控制明显,乌伦古北断裂、红盆断裂、索-红南断裂及黄花沟-喀拉奥依断裂亦有影响。顶山地区断裂形成于海西期,于喜山期再次活化(陈正乐等,2006;辛

秀等,2014)。

准噶尔盆地顶山地区沉积盖层主要为上白垩统艾里克湖组、上白垩统红砾山组、下第三系乌伦古河组、上第三系索泉组和第四系(图2)。艾里克湖组仅见于研究区的东北部福海水库及华拉盖里斯一带,为浅灰白色中粗粒石英砂岩、含砾砂岩、砾岩与棕黄色、棕红色泥岩、砂质泥岩的互层,厚80~179 m。红砾山组出露于乌伦古河北岸、黄花沟等地区,与艾里克湖组整合接触,在盆地边缘为低角度不整合接触,局部直接超覆在古生界之上,厚度约283.4 m。乌伦古河组分布广泛,可分为W-1和W-2两个旋回。W-1旋回为一套厚大的砾岩、砂砾岩、(含砾)粗砂岩组合,夹薄层泥岩;W-2旋回砂岩粒度明显小于W-1旋回,砾岩类岩石不发育,泥岩、粉砂岩厚度较大、分布广且较稳定;以底砾岩和古风化壳与下伏地层红砾山组平行不整合接触。索泉组出露亦十分广泛,岩为一套以红色泥岩为主夹砂岩薄层的浅水湖相沉积建造,钙质含量高,与乌伦古河组呈平行不整合接触,厚度约59 m。第四系分布广泛,为松散的砂、泥、砾的杂色混杂堆积,厚度约18 m。

2 采样与分析

本次研究样品32件均采自顶山地区ZK15009号钻孔,岩性为土黄色、褐色、灰色砂岩。微量元素采用电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS)分析,仪器



1-第四系; 2-索泉组; 3-乌伦古河组; 4-红砾山组; 5-基底深大断裂; 6-推测断裂

图1 顶山地区地质略图

Fig.1 Regional geological map of Dingshan area

表 1 顶山地区乌伦古河组砂岩元素地球化学特征

Table 1 Geochemical Characteristics of sandstonesof the Wulunguhe Formation in Dingshan area

样号	深度/m	ΣREE	LREE/ HREE	La _N /Sm _N	Gd _N /Yb _N	La/Yb	Th/Sc	Zr/Sc	Rb/Sr	Cr/Zr	Co/Th	La/Sc	La/Th	Zr/Hf	Zr/Th	Sc/Cr
Z162	-99.11	74.51	6.94	3.36	1.16	8.62	1.27	13.57	0.6	0.26	0.65	4.39	3.46	35.32	10.7	0.28
Z163	-100.90	148.19	6.63	3.16	1.28	8.73	0.85	9.5	0.41	0.4	1.52	3.04	3.55	36.04	11.12	0.26
Z169	-120.53	100.65	7.65	3.43	1.36	10.21	0.77	13.28	0.51	0.35	1.77	3.39	4.4	39.63	17.24	0.21
Z173	-128.68	62.93	7.49	3.93	1.22	10.16	1.03	16.83	0.33	0.24	1.61	4.24	4.13	39.69	16.4	0.25
Z175	-132.58	107.01	7.17	3.46	1.31	9.82	0.59	10.93	0.34	0.44	1.91	2.03	3.43	39.8	18.48	0.21
Z176	-135.92	80.93	7.04	3.44	1.23	9.24	0.71	13.68	0.41	0.31	1.78	2.84	4.03	40.32	19.39	0.24
Z177	-141.94	111.82	6.73	3.38	1.17	8.77	0.85	15.5	0.44	0.25	1.45	2.81	3.29	39.23	18.15	0.25
Z178	-144.61	116.86	6.53	3.31	1.22	8.67	0.66	12.3	0.41	0.32	1.8	2.57	3.92	39.35	18.73	0.26
Z179	-146.48	84.76	8.08	3.86	1.21	10.37	0.84	17.83	0.4	0.2	1.57	3.84	4.55	39.7	21.12	0.28
Z180	-150.23	102.95	7.5	3.94	1.09	9.46	0.8	21.02	0.36	0.18	1.49	3.68	4.59	41.96	26.2	0.26
Z186	-156.95	84.81	7.99	3.86	1.29	10.94	0.9	19.25	0.45	0.17	1.78	4.1	4.55	39.8	21.36	0.3
Z187	-157.65	88.27	7.02	3.48	1.25	9.56	0.64	12.82	0.55	0.3	1.95	2.92	4.54	39.95	19.92	0.26
Z188	-157.95	97.14	7.39	3.7	1.22	9.7	0.71	17.49	0.37	0.21	2.08	3.26	4.56	41.53	24.47	0.27
Z189	-158.00	94.54	7.06	3.41	1.25	9.34	0.57	13.6	0.41	0.26	1.87	2.56	4.5	43.87	23.93	0.28
Z190	-163.00	102.76	7.03	3.66	1.22	9.55	0.82	28.95	0.38	0.09	1.72	4.02	4.87	44.19	35.1	0.39
Z191	-164.90	140.41	6.26	3.25	1.2	8.24	0.54	14.06	0.39	0.3	3.38	2.68	4.95	43.75	25.97	0.24
Z192	-166.70	107.94	6.95	3.48	1.25	9.6	0.62	14.98	0.47	0.25	3.09	2.79	4.49	43.01	24.07	0.27
Z193	-170.17	142.48	8.07	3.58	1.33	10.76	0.63	14	0.58	0.36	2.19	2.46	3.88	42.93	22.09	0.2
Z194	-172.23	80.03	7.67	4.04	1.15	10.12	0.98	28.42	0.46	0.11	1.78	4.56	4.66	41.27	29.05	0.32
Z199	-176.36	95.51	7.55	3.48	1.32	9.84	0.81	14.54	0.6	0.25	1.36	3.68	4.57	42.83	18.05	0.28
Z200	-180.78	100.83	7.7	3.57	1.27	10.21	0.81	18.3	0.53	0.21	1.59	3.93	4.83	37.88	22.52	0.27
Z201	-187.68	87.35	8.36	3.84	1.45	12.03	0.76	17.18	0.53	0.21	2.1	3.92	5.17	41.49	22.67	0.28
Z202	-192.04	114.07	7.19	3.42	1.29	9.56	0.59	12.52	0.48	0.3	2.09	2.66	4.52	40.55	21.28	0.27
Z203	-193.18	110.81	7.42	3.62	1.32	10.33	0.61	12.13	0.52	0.3	2.08	3.04	4.99	39.15	19.89	0.28
Z205	-200.19	101.23	6.43	3.53	1.09	8.24	0.62	19.8	0.4	0.18	28.54	2.82	4.54	43.03	31.91	0.28
Z206	-203.16	82.8	7.6	3.78	1.27	10.37	0.82	23.33	0.47	0.16	4.16	4.03	4.93	43.63	28.53	0.27
Z207	-205.64	86.47	6.83	3.76	1.1	8.83	0.72	26.75	0.46	0.11	2.11	3.45	4.78	43.79	37.02	0.35
Z208	-206.51	95.29	7.68	3.71	1.23	9.95	0.78	24.89	0.41	0.13	3.85	4.1	5.22	43.46	31.74	0.31
Z209	-207.81	97.19	7.94	3.53	1.34	10.79	0.67	16.86	0.48	0.23	2.41	3.21	4.81	40.89	25.31	0.26
Z210	-211.29	64.04	7.5	3.97	1.27	10.56	0.95	21.95	0.58	0.14	1.74	4.41	4.66	41.53	23.2	0.31
Z211	-218.87	86.82	7.31	3.54	1.25	9.77	0.54	13.22	0.49	0.28	2.04	2.4	4.46	40.17	24.57	0.27
Z212	-223.61	95.41	7.27	3.43	1.25	9.53	0.55	13.48	0.5	0.26	2.71	2.49	4.53	42.89	24.51	0.28

赋存的矿物,同时锆石稳定性很强,会随着沉积再循环在沉积物中富集,样品 Zr 含量为 44.5×10^{-6} ~ 161×10^{-6} ,平均 99.82×10^{-6} ,含量不高,表明样品再循环作用较弱 (Spalletti *et al.*, 2008)。Th 通常赋存在酸性岩中,而 Sc 赋存与基性岩中,且 Th、Sc 基本不受后期沉积循环作用影响,因此 Th/Sc 值常被用来进行物源化学成分变化研究 (McLennan, 1989; McLennan *et al.*, 1993)。Zr/Sc 值不受后期热液作用影响 (Lambeck *et al.*, 2008),且随着沉积再循环过程中锆石的富集而增大,因此 Zr/Sc 值可作为沉积物分选程度、重矿物富集程度的重要指标 (McLennan*etal.*,1993; 孙平昌等,2012)。初始沉积物 Th/Sc 值与 Zr/Sc 值呈正相关,再循环沉积物 Zr/Sc 值随 Th/Sc 值的微弱变化而快速变化,表明锆石

随再循环作用富集。样品 Th 含量为 2.81×10^{-6} ~ 7.94×10^{-6} ,平均 4.46×10^{-6} ,Sc 含量为 2.97×10^{-6} ~ 11.50×10^{-6} ,平均 6.26×10^{-6} ,Th/Sc 值为 0.54~1.27,平均 0.75,比值较低,远低于茂名盆地油柑窝组 (Th/Sc 值为 2.22~3.55,平均 2.79) (周圆圆等, 2016),代表不相容元素 Th 对相容元素 Sc 相对不富集,指示物源风化作用较弱。样品 Zr 含量为 44.50×10^{-6} ~ 161.00×10^{-6} ,平均 99.82,Zr/Sc 值为 9.50~28.95,平均 16.97,波动范围较大,暗示沉积物源经历了一定沉积再循环作用。样品 Zr/Sc-Th/Sc 图解 (图 4)得出,样品点靠近成分演化线 (BFG)分布,接近大陆上地壳 (UCC) 和澳大利亚后太古宙页岩 (PAAS),表明顶山地区乌伦古河组砂岩成分受源岩成分控制,经历了较弱的沉积再循环作用,物源

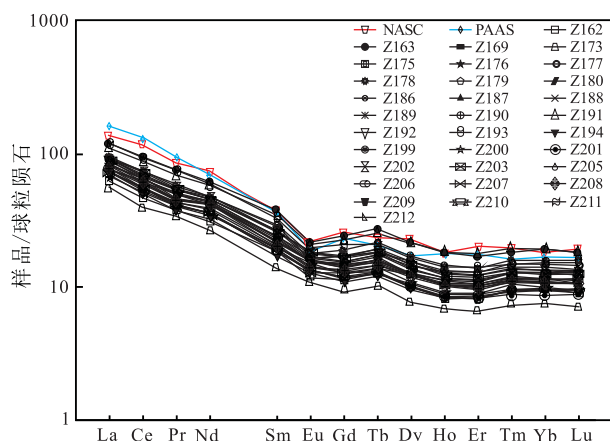


图3 顶山地区乌伦古河组稀土元素配分模式图

Fig.3 REE patterns of andstones of the Wulunguhe Formation in Dingshan area

距离适中。

4.2 物源分析

REE 配分模式是判定盆地沉积源区性质的重要手段之一 (McLennan, 1989; 刘士林等, 2006; 谢国梁等, 2013)。对澳大利亚后太古代页岩 (PAAS) 及北美页岩组合 (NASC) 的 REE 特征研究发现: 轻稀土富集, 重稀土亏损但含量稳定且 Eu 负异常等可以代表上地壳来源 (Taylor *et al.*, 1985; McLennan, 1989)。准噶尔盆地顶山地区乌伦古河组砂岩球粒陨石标准化 REE 配分模式与 PAAS 以及 NASC 球粒陨石标准化 REE 配分模式 (图 3) 基本一致, 表明乌伦古河组砂岩物源主要来自于上地壳 (刘清俊等, 2014)。图 4 显示样品 Th/Sc 值与大陆上地壳和澳大利亚页岩 Th/Sc、Zr/Sc 值接近, 表明源岩为相对长英质的岩石组分。

Cr 赋存于铬铁矿物中, 代表铁镁质组分; 而 Zr 赋存于锆石中, 代表长英质组分, Cr/Zr 能够反映沉积物源区铁镁质与长英质组分的相对比例 (Wronkiewicz and Condie, 1989)。顶山地区乌伦古河组砂岩具有低的 Cr/Zr 值, 为 0.09 ~ 0.44, 平均 0.24, 比值小于以长英质组分为主的洪水庄组页岩 (Cr/Zr 值为 0.31 ~ 0.54, 平均 0.43) (Luo *et al.*, 2015), 反映物源基本不含镁铁质组分。随着岩石的持续演化 La、Th、Hf、Zr 和 REE 等元素在酸性岩石中富集, Sc、Ni、Cr、Co 等元素在基性岩石中富集, 因此, 酸性岩比基性岩有更高的 La/Sc 值和更低的 Co/Th 值, La、Th、Sc、Cr、Co 等元素在风化、剥蚀以及沉积期后作用中稳定, 因此常应用 Co/Th、La/Sc 值研究物源 (Cullers *et al.*, 2000)。样品 Co/Th = 0.65 ~ 4.16 (Z205 比值明显偏大, 予以剔除), 平均

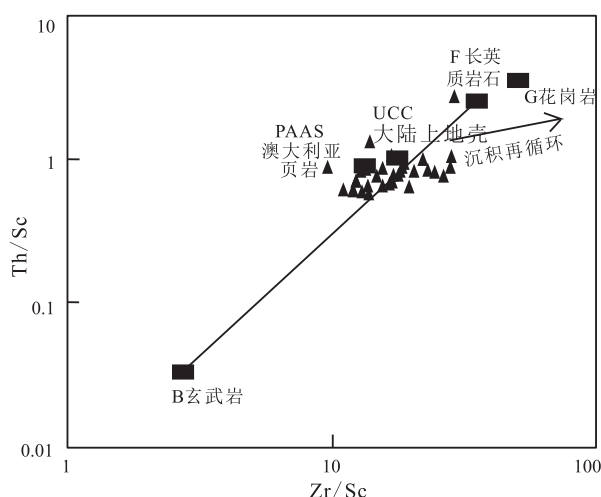


图4 顶山地区乌伦古河组 Zr/Sc-Th/Sc 图解

Fig.4 Zr/Sc vs. Th/Sc diagram of andstones of the Wulunguhe Formation in Dingshan area

1.99, 比值较小; La/Sc = 2.03 ~ 4.56, 平均 3.32, 比值较大; 在 Co/Th-La/Sc (Cullers, 2002) 与 La/Th-Hf 图解 (Floyd and Leveridge, 1987) 中样品大部分落在长英质火山岩与安山岩之间 (图 5a, 5b), 与 Cr/Zr 值判断基本不含镁铁质组相一致。La-Th-Sc、 Σ REE-La/Yb 源岩判断结果显示 (图 5c, 5d): 样品物源分布于花岗岩和花岗闪长岩之间, 综合得出: 顶山地区乌伦古河组砂物源为长英质火山岩和安山岩混合来源。这与顶山地区北东缘阿尔泰广泛分布加里东期和海西期中性-酸性侵入岩体 (闪长岩、花岗闪长岩、斜长花岗岩等) 相一致 (刘伟, 1990; 袁峰等, 2001)。

4.3 物源区构造背景

碎屑沉积岩中 Sc、Zr、Ti、Th、La 等微量元素在风化搬运、沉积及沉积期后作用中稳定性较好, 其含量变化与源岩构造背景紧密相关, 适用于源区类型和大地构造背景研究 (Bhatia *et al.*, 1986)。随着对已知构造背景碎屑沉积岩元素地球化学研究得出 (Bauluz *et al.*, 2000; 何政军等, 2007): 不同构造背景下形成的不同沉积盆地内的沉积物具有不同的地球化学特征; 反之, 具有不同地球化学特征的沉积物形成于不同的构造环境 (朱志军等, 2010)。澳大利亚已知物源构造环境的碎屑沉积岩微量元素地球化学研究发现: 物源类型及构造背景与碎屑沉积岩化学成分之间存在对应关系, 建立了 Th-Zr、Th-Co-Zr/10、Th-Sc-Zr/10 构造环境判别图解 (Bhatia *et al.*, 1986; Bauluz *et al.*, 2000)。由图 7 可知, 顶山地区乌伦古河组砂岩投点分布较集中, 推测物源区构造背景较为简单; 在 Th-Co-Zr/10、Th-

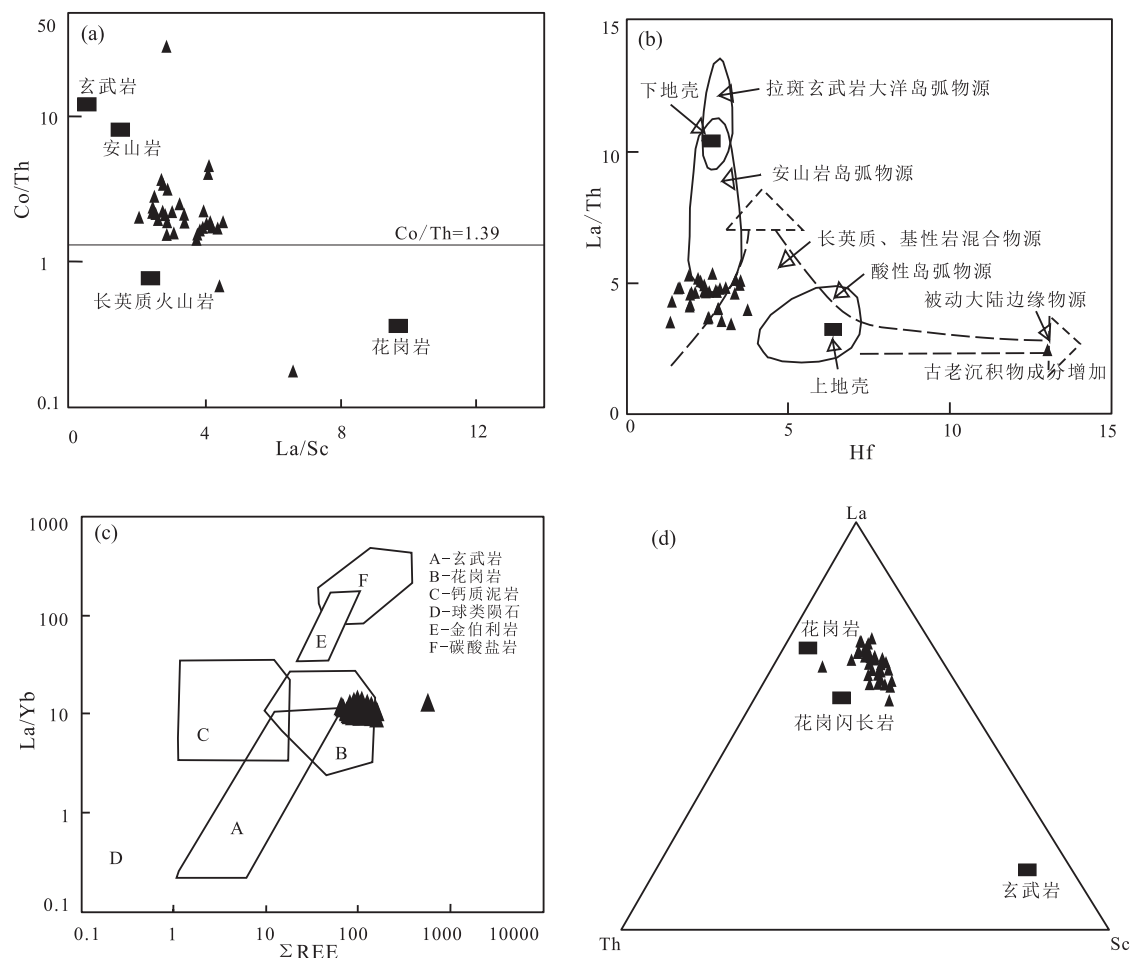


图5 顶山乌伦古河组 La/Sc-Co/Th (a)、Hf-La/Th (b)、 Σ REE-La/Yb (c)、La-Th-Sc (d) 物源判别图解

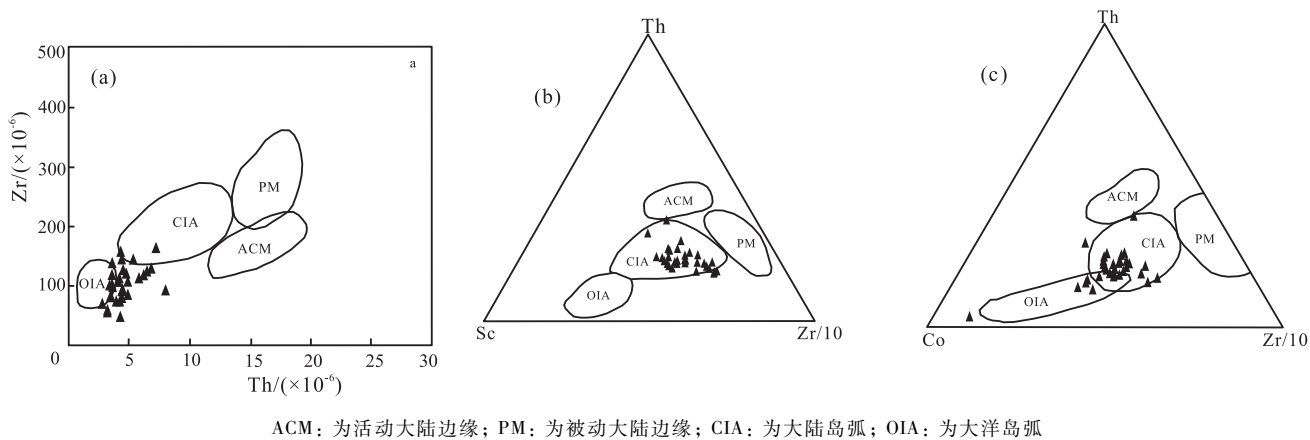
Fig.5 La/Sc-Co/Th (a), Hf-La/Th (b), Σ REE-La/Yb (c), La-Th-Sc (d) diagrams for source of the Wulunguhe Formation in Dingshan area

Sc-Zr/10 构造判断图(图 6b,6c)中样品均集中分布于大陆岛弧,Th-Zr 图(图 6a)中分布于大陆岛弧与大洋岛弧过渡区域;综合分析可知乌伦古河组砂岩物源区为大陆岛弧构造背景。

在陆源碎屑的沉积岩中,用微量元素如 Rb、Sr、Zr、Hf、Th、Cr 和 Sc 等判断沉积岩的沉积构造环境具有更大的优越性(Taylor *et al.*, 1985; Bhatia *et al.*, 1986)。顶山地区乌伦古河组砂岩样品稳定微量元素比值来看(表 2),Rb/Sr 值为 0.33~0.60,平均 0.46; Zr/Hf 值为 35.32~44.19,平均 41.02; Zr/Th 值为 10.70~37.02,平均 22.96; Sc/Cr 值为 0.20~0.39,平均 0.27; Rb/Sr、Zr/Hf、Zr/Th 及 Sc/Cr 值均与大陆地壳特征元素比值相一致(Tribovillard *et al.*, 2006),进一步说明乌伦古河组源岩为大陆岛弧构造背景。

准噶尔地体位于西伯利亚板块、哈萨克斯坦板块、伊犁地体和中天山地体之间,太古代至早-中元古代以海洋间隔。新元古代-早古生代,准噶尔地体

稳定发展,与俯冲消减作用有关的岛弧火山活动、前陆变质褶皱、洋壳残体逆掩推覆,形成阿尔泰-额尔齐斯造山褶皱带(张致民,2000)。晚泥盆世一早石炭世,准噶尔地体与西伯利亚板块和哈萨克斯坦板块拼贴碰撞。早石炭世晚期-晚石炭世早期,伊犁地体与准噶尔地体拼贴。二叠纪-三叠纪,准噶尔地体处于前陆盆地阶段,发育盆地内大型隆起平缓褶皱和边缘冲断、推覆并强烈褶皱,盆地开始接受沉积。侏罗纪-早第三纪,准噶尔盆地处于陆内拗陷阶段,盆地内构造变形为平缓褶皱、稳定沉降,盆地边缘为挤压环境。新第三纪-第四纪,受喜马拉雅造山运动影响,北天山强烈隆升,以压扭性强挤压为特征,盆地的沉降中心快速南迁到乌苏-昌吉一带,中部陆梁隆起迅速形成,将盆地分隔成乌伦古拗陷和淮南前陆拗陷(陈新等,2002)。准噶尔盆地北部顶山地区乌伦古河组砂岩源岩为中性-酸性侵入岩体(闪长岩、花岗闪长岩、斜长花岗岩等),源岩构造环境为大陆岛弧。寒武纪-早志留世,北准噶尔洋伸



ACM：为活动大陆边缘；PM：为被动大陆边缘；CIA：为大陆岛弧；OIA：为大洋岛弧

图 6 Th-Zr (a)、Th-Sc-Zr/10 (b)、Th-Co-Zr/10 (c) 构造背景判别图解

Fig.6 Th-Zr (a)、Th-Sc-Zr/10 (b)、Th-Co-Zr/10 (c) diagrams for tectonic setting of Wulunguhe Formation in Dingshan area

表 2 不同构造环境下碎屑沉积岩特征微量元素比值

Table 2 Characteristic trace element ratios of greywacke in the different tectonic environments

构造环境	Rb/Sr	Zr/Hf	Zr/Th	Sc/Cr
大洋岛弧	0~0.1	45.7	34.6~61.4	0.41~0.73
大陆岛弧	0.32~0.98	36.3	19.1~23.9	0.26~0.38
活动大陆边缘	0.65~1.13	26.3	8.8~10.04	0.28~0.32
被动大陆边缘	0.79~1.59	29.5	13.3~24.9	0.14~0.18
本文数据	0.33~	35.32~	10.70~	0.20
(均值)	0.60	44.19	37.02	~0.39
	(0.46)	(41.02)	(22.96)	(0.27)

展-消减旋回,形成了加里东期大陆岛弧中性-酸性侵入岩体;晚志留世-早石炭世,克拉美丽有限洋盆拉张聚敛旋回,形成了海西期大陆岛弧中性-酸性侵入岩体(张朝军等,2006)。新近纪,受喜马拉雅造山运动影响,准噶尔盆地周缘构造缝合带再次活化,盆地中部隆起,乌伦古凹陷区接受北东、北西缘广泛分布的加里东期和海西期中性-酸性侵入岩体(闪长岩、花岗闪长岩、斜长花岗岩等)沉积形成乌伦古河组碎屑沉积岩。

砂岩型铀矿成矿铀源主要为蚀源区以及目的层,沉积源岩是制约目的层铀含量重要影响因素,乌伦古河组沉积物源为加里东期、海西期长英质火山岩和安山岩等,为中性-中酸性岩,铀含量较高,乌伦古河组砂岩铀含量为 $1.00\times10^{-6}\sim22.50\times10^{-6}$,平均 5.86×10^{-6} ,高于松辽盆地南部姚家组含矿层(平均 3.93×10^{-6})(于文斌,2009),低于吐哈盆地西南缘中下侏罗统含矿层(平均 7.34×10^{-6})(周巧生和李占游,2003),与伊犁盆地水西沟群含矿层相当(砂岩 $5\times10^{-6}\sim6\times10^{-6}$;泥岩 $7\times10^{-6}\sim8\times10^{-6}$)(陈戴生等,1997),目的层铀源良好。喜山期,顶山地区构造活动适中,北东-北西构造缝合带再次活化剥

蚀,北部抬升形成倾向近南北的稳定单斜构造带,含铀含氧水由北至南不断入侵,有利于砂岩型铀矿的行成。

5 结论

(1)准噶尔盆地顶山地区乌伦古河组砂岩相对上地壳 Co、W、U、Sb 等元素富集, Ni、Mo、Li、Sc、V、Sr、Cr、Cs、Th、Cu、Zn、Cd、Pb、Ga、Tl 等元素亏损。稀土元素总量小于北美页岩均值,轻稀土元素之间分馏中等,重稀土元素之间基本不分馏。

(2)准噶尔盆地顶山地区乌伦古河组砂岩成分受物源成分控制,经历了较弱的沉积再循环作用,物源距离适中。

(3)准噶尔盆地顶山地区乌伦古河组砂岩物源为北东、北西缘地区加里东期和海西期中性-酸性侵入岩(闪长岩、花岗闪长岩、斜长花岗岩等),为大陆岛弧构造背景,反映了寒武纪-早志留世,北准噶尔洋伸展-消减旋回,加里东期大陆岛弧中性-酸性侵入岩体的形成;晚志留世-早石炭世,克拉美丽有限洋盆拉张聚敛旋回,海西期大陆岛弧中性-酸性侵入岩体的形成。乌伦古河组铀源良好,喜山期形成稳定的单斜构造带,含铀含氧水由北至南不断入侵,有利于砂岩型铀矿的行成。

参考文献 (References) :

Asiedu D K, Dampare S B, Sakyi P A, Banoeng-Yakubo B, Osae S, Nyarko B J B, Manu J. 2004. Geochemistry of Paleoproterozoic meta-sedimentary rocks from the Birim diamondiferous field, southern Ghana: Implications for provenance and crustal evolution at the Archean-Proterozoic boundary. *Geochemical Journal*, 38 (3): 215-228

Lerman A. 1978. *Lakes: Chemistry, Geology, Physics*. New York: Springer Science Business Media

- Bauluz B, Mayayo M J, Fernandez-Nieto C, Lopez J M G. 2000. Geochemistry of Precambrian and Paleozoic siliciclastic rocks from the Iberian Range (NE Spain): Implications for source-area weathering, sorting, provenance, and tectonic setting. *Chemical Geology*, 168 (1/2): 135-150
- Bhatia K L, Gosain D P, Parthasarathy G, Gopal E S R. 1986. Morphological structure of bismuth-doped n-type amorphous germanium sulphide semiconductors. *Journal of Materials Science Letters*, 5(12): 1281-1284
- Cullers R L. 2000. The geochemistry of shales, siltstones and sandstones of Pennsylvanian-Permian age, Colorado, USA: Implications for provenance and metamorphic studies. *Lithos*, 51(3): 181-203
- Cullers R L. 2002. Implications of elemental concentrations for provenance, redox conditions, and metamorphic studies of shales and limestones near Pueblo, CO, USA. *Chemical Geology*, 191(4): 305-327
- Floyd P A, Leveridge B E. 1987. Tectonic environment of the Devonian Gramscatho basin, south Cornwall: Framework mode and geochemical evidence from turbiditic sandstones. *Journal of the Geological Society*, 144(4): 531-542
- Lambeck A, Huston D, Maidment D, Southgate P. 2008. Sedimentary geochemistry, geochronology and sequence stratigraphy as tools to type-cast stratigraphic units and constrain basin evolution in the gold mineralised Palaeoproterozoic Tanami Region, Northern Australia. *Precambrian Research*, 166(1/4): 185-203
- Luo Q Y, Zhong N N, Wang Y N, Ma L, Li M. 2015. Provenance and paleoweathering reconstruction of the Mesoproterozoic Hongshuizhuang Formation (1.4 Ga): Northern North China. *International Journal of Earth Sciences*, 104(7): 1701-1720
- McLennan S M. 1989. Rare earth elements in sedimentary rocks; influence of provenance and sedimentary processes. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 21(1): 169-200
- McLennan S M, Taylor S R, McCulloch M T, Maynard J B. 1990. Geochemical and Nd-Sr isotopic composition of deep-sea turbidites: Crustal evolution and plate tectonic associations. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54(7): 2015-2050
- McLennan S M, Taylor S R. 1991. Sedimentary rocks and crustal evolution: Tectonic setting and secular trends. *Journal of Geology*, 99(1): 1-21
- McLennan S M, Hemming S, McDaniel D K, Hanson G N. 1993. Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics. *Geological Society of America Special Papers*, 284: 21-40
- Rudnick R L, Gao S. 2003. Composition of the continental crust. *Treatise on Geochemistry*, 3: 1-64
- Spalletti L A, Queralt I, Matheos S D, Colombo F, Maggi J. 2008. Sedimentary petrology and geochemistry of siliciclastic rocks from the upper Jurassic Tordillo Formation (Neuquen Basin, western Argentina): Implications for provenance and tectonic setting. *Journal of South American Earth Sciences*, 25(4): 440-463
- Sun S S, McDonough W S. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes. *Geological Society, London, Special Publications*, 42(1): 313-345
- Taylor S R, McLennan S M. 1985. The continental crust: Its composition and evolution.
- Tribouillard N, Algeo T J, Lyons T, Riboulleau A. 2006. Trace metals as paleoredox and paleoproductivity proxies: An update. *Chemical Geology*, 232(1/2): 12-32
- Wronkiewicz D J, Condie K C. 1989. Geochemistry and provenance of sediments from the Pongola Supergroup, South Africa: Evidence for a 3.0-Ga-old continental craton. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53(7): 1537-1549
- 陈戴生, 王瑞英, 李胜祥. 1997. 伊犁盆地层间氧化带砂岩型铀矿成矿模式. *铀矿地质*, 13(6): 327-335
- 陈新, 卢华复, 舒良树, 王惠民, 张国清. 2002. 准噶尔盆地构造演化分析新进展. *高校地质学报*, 8(3): 257-267
- 陈正乐, 刘健, 宫红良, 郑恩玖, 王新华, 潘锦华. 2006. 准噶尔盆地北部新生代构造活动特征及其对砂岩型铀矿的控制作用. *地质学报*, 80(1): 101-111
- 何政军, 牛宝贵, 张新元. 2007. 晚侏罗世承德盆地砾岩碎屑源区分析及构造意义. *岩石学报*, 23(3): 655-666.
- 何江涛. 2000. 顶山地区可地浸砂岩型铀矿床成矿条件分析. *西北铀矿地质*, 26(2): 9-15.
- 林双幸, 王果. 2003. 新疆准噶尔盆地顶山地区下第三系层间氧化带砂岩型铀矿化的发现及其意义. *铀矿地质*, 19(5): 264-270
- 刘清俊, 柯柏林, 林海亮, 林天懿, 尹腾宇, 石岩. 2014. 北京地区中元古界下马岭组页岩气形成条件. *地质科技情报*, 33(2): 92-97
- 刘士林, 刘蕴华, 林舸, 周叶, 龚发雄, 张德圣. 2006. 渤海湾盆地南堡凹陷新近系泥岩稀土元素地球化学特征及其地质意义. *现代地质*, 20(3): 449-456
- 刘伟. 1990. 中国新疆阿尔泰山花岗岩的时代及成因类型特征. *大地构造与成矿学*, 14(1): 43-56
- 师志龙. 2002. 准噶尔盆地北部古近系挤压推覆构造与沉积耦合分析. *新疆地质*, 20(2): 115-117
- 孙平昌, 刘招君, 李宝毅, 柳蓉, 孟庆涛, 周人杰, 徐银波. 2012. 桦甸盆地桦甸组油页岩段地球化学特征及地质意义. *吉林大学学报: 地球科学版*, 42(4): 948-960
- 谭鸿赞. 2002. 顶山地区铀成矿水文地球化学条件研究. *新疆地质*, 20(2): 126-129
- 唐湘飞. 2002. 顶山地区古近系白色砂岩成因及成铀能力. *新疆地质*, 20(2): 122-125
- 王果. 2003. 准噶尔盆地北部顶山地区乌伦古河组 W-1 旋回岩石-地球化学特征. *新疆地质*, 21(4): 415-418
- 谢国梁, 沈玉林, 赵志刚, 魏展航, 蔡佳, 周豪. 2013. 西湖凹陷平北地区泥岩地球化学特征及其地质意义. *地球化学*, 42(6): 599-610
- 辛秀, 许强, 何中波. 2014. 准噶尔盆地顶山地区乌伦古河组氧化带元素地球化学特征及其与铀矿化的关系. *世界核地质科学*, 31(1): 16-22
- 于文斌. 2009. 松辽盆地南部白垩系砂岩型铀矿成矿条件研究. 博士学位论文. 长春: 吉林大学
- 袁峰, 周涛发, 岳书仓. 2001. 阿尔泰诺尔特地区花岗岩形成时代及成因类型. *新疆地质*, 19(4): 292-296
- 张朝军, 何登发, 吴晓智, 石昕, 罗建宁, 王宝瑜, 杨庚, 管树巍, 赵霞. 2006. 准噶尔多旋回叠合盆地的形成与演化. *中国石油勘探*, 11(1): 47-58, 7
- 张卫民, 余修日, 李金轩. 2004. 同位素方法在局部排泄源水文地质属性研究中的应用: 以新疆准噶尔盆地北部顶山地区为例. *地球学报*, 25(3): 363-367
- 张致民. 2000. 新疆奥陶纪古地理. *新疆地质*, 18(4): 309-314
- 周巧生, 李占游. 2003. 吐哈盆地西南缘地浸砂岩型铀矿地质特征及找矿前景. *中国地质*, 30(2): 186-191
- 周圆圆, 邱楠生, 腾格尔, 王杰, 曹涛涛, 罗厚勇. 2016. 茂名油柑窝组油页岩元素地球化学特征及其地质意义. *矿物岩石地球化学通报*, 35(6): 1270-1279
- 朱志军, 陈洪德, 林良彪, 范昱. 2010. 川东南-湘西地区志留系小河坝组砂岩微量元素地球化学特征及意义. *地质科技情报*, 29(2): 24-30, 43