

doi: 10.11720/wtyht.2017.4.06

师淑娟,陈军威,代永刚,等.冀北地区铀的地球化学时空分布[J].物探与化探,2017,41(4):627-633.<http://doi.org/10.11720/wtyht.2017.4.06>

Shi S J, Chen J W, Dai Y G, et al. Temporal and spatial distribution of uranium in northern Hebei Province[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2017, 41(4): 627-633. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2017.4.06>

冀北地区铀的地球化学时空分布

师淑娟^{1,2}, 陈军威¹, 代永刚¹, 冯晓辉¹

(1. 河北省地球物理勘查院, 河北 廊坊 065000; 2. 河北省地质矿产勘查开发局 博士后科研工作站, 河北 石家庄 050081)

摘要:冀北地区是火山岩型铀矿的产出远景区,以该区 1:20 万水系沉积物及区域岩石资料为基础,探讨了冀北地区铀的时空分布特征,目的是为本区的铀矿勘查提供地球化学依据。从空间分布上看,内蒙古华力西晚期褶皱带及内蒙地轴铀含量较富集,铀地球化学异常呈北东向带状分布于崇礼石窑子—丰宁森吉图,向东北延伸至围场老窝铺—姜家店一线,与沽源—红山子成矿带南段分布范围相一致。铀地球化学异常的形成受区内燕山期中酸性岩体、白垩系张家口组及大北沟组地层、北东向断裂构造、火山盆地等地质因素的联合控制,与铀矿关系密切,现已发现的几个铀矿床都位于铀异常带上,因此铀异常可以作为铀矿的找矿标志。从时间分布上看,地层及岩体存在较一致特征,随地质体时代从老到新,铀含量有逐渐增大的趋势,太古宇及元古宇铀含量低,上侏罗—下白垩统铀含量高。

关键词:铀;地球化学异常;时空分布;冀北地区

中图分类号: P632

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2017)04-0627-07

0 引言

冀北地区地处华北地台北缘,是多金属成矿集中区,也是火山岩型铀矿的产出远景区,该区产出的 460 大型铀钼矿是我国典型的火山岩型铀矿。根据我国以酸性(或偏碱性)为主的陆相火山岩系的分布和产出地质环境,以及与其相关的铀矿床、矿点、矿化点的分布,划分的 6 条火山岩型铀矿成矿带中,冀北地区位于沽源—红山子成矿带南段^[1]。自 20 世纪 80 年代以来,有关冀北地区沽源火山岩盆地铀成矿作用的研究大量涌现^[2-16],为本区铀的地球化学分布研究提供了重要参考。

1976~2012 年,河北省北部的基岩出露区陆续开展了 3 次大规模的区域化探扫面工作,采集水系沉积物样品,分析了包含 U 在内的 39~41 种元素。第一次为 20 世纪 70~90 年代开展的 1:20 万区域化探扫面工作,基本覆盖了本区;第二次为 2001~

2006 年,为消除风成砂的干扰,开展的围场、上黄旗、丰宁、龙关、宣化图幅的二次区域化探扫面工作;第三次为 2010~2012 年开展的 1:25 万西老府幅、隆化县幅、丰宁县幅区域化探工作,工作面积为去除了已经进行过数据更新的区域。此外,1990~1991 年,本区还进行了系统的地层和岩体的岩石地球化学调查,分析了包括 U 在内的 45 种元素。1992~1995 年,中国东部开展了 5 个一级大地构造单元区域地壳和岩石包括 U 在内的 76 种化学元素丰度的研究,2009~2012 年开展了全国地球化学基准值建立及地球化学走廊带探测实验研究两个项目。这些研究项目均在本区范围内系统采集岩石样品并进行多元素分析,为铀的地球化学背景及时空分布研究提供了基础资料。

因此,笔者试图以上述水系沉积物、岩石测量及其研究成果为基础,讨论冀北地区铀地球化学时空分布特征,并进一步探讨其与铀矿的关系,为冀北地区的铀矿产勘查和资源潜力评价工作提供指导。

收稿日期: 2016-10-19; **修回日期:** 2017-02-22

基金项目: 河北省地矿局科研项目(冀地地审[2015]30 号)

作者简介: 师淑娟(1977-),女,黑龙江齐齐哈尔人,现任职于河北省地球物理勘查院,2011 年获博士学位,化探高级工程师,主要从事勘查地

质矿产勘查和科研工作。Email: Shishujuan1113@sina.com

1 地质概况

河北省北部也称冀北地区,地质构造十分复杂,阶段性演化明显,吕梁运动之前,漫长的地壳演化形成古老的结晶基底,之后地壳进入稳定发展时期,形成沉积盖层;以北纬 42°附近的康保—围场断裂为界,北部在中生代以前为活动性强烈洋壳区(为兴蒙地槽的一部分),南部在古元古代以后,形成了稳定陆壳区(华北地台),至此形成南北相对活动与稳定的两个 I 级大地构造单元:内蒙—大兴安岭褶皱系和华北地台。II 级构造单元分属内蒙古华力西晚期褶皱带、内蒙地轴及燕山台褶带。

本区地层出露较齐全,太古宇—新生界地层均有出露。18 亿年(古元古代)以前的地层都已发生了变质,主要分布于丰宁—隆化断裂南北两侧。中元古界长城系、古生界寒武系、二叠系不甚发育。自三叠纪开始,整个中生界均为陆相沉积,燕山山区以火山—沉积地层为主,白垩系地层最为发育,其中张家口组分布范围最广。新生界除坝上玄武岩发育外,其他山间盆地都为正常碎屑沉积。区内岩浆活动强烈,规模大,分布广。太古宙—古元古代侵入岩已经变质,以中酸性为主。中元古代多为中基性岩。

表 1 河北省 II 级构造单元 U 丰度统计

项目	岩体			地层			岩体+地层			华北地台 ^[17]	中国东部 ^[17]
	内蒙地轴	燕山台褶带	山西断隆	内蒙地轴	燕山台褶带	山西断隆	内蒙地轴	燕山台褶带	山西断隆		
$w(\text{U})/10^{-6}$	1.91	1.42	0.96	1.99	1.07	1.08	1.98	1.12	1.07	1.5	2.2
样品数	176	312	36	122	1770	446	298	2082	482		

U 本身的地球化学性质决定其易于在酸性岩中富集,而在基性、超基性岩中相对贫化,在变质岩中也普遍较低。由表 2 可见,内蒙地轴岩体中以丰宁窟窿山中粗粒碱性花岗岩体 U 含量最高,达 6.19×10^{-6} ,变化系数也最高,为 2.52。沽源羊圈沟—隆化碱房一带岩体 U 含量大于 2.0×10^{-6} ,其中赤城白草,丰宁黑山嘴、老虎沟门,沽源羊圈沟,隆化碱房等中酸性岩体的 U 含量超过中国东部表壳岩石元素丰度 2.2×10^{-6} 。U 低含量出现于丰宁豪村沟门石英二长岩、花岗闪长岩,赤城马营二长花岗岩,崇礼海流图二长花岗岩中, $w(\text{U})<1\times 10^{-6}$ 。燕山台褶带岩体中 U 含量普遍偏低,含量范围 $0.14\times 10^{-6}\sim 1.37\times 10^{-6}$,最高含量出现于承德黑山潜粗安岩、潜安山岩中,最低含量出现于承德大庙斜长岩中。

2.2 U 在水系沉积物中的空间分布

冀北地区水系沉积物各项地球化学参数详见表

海西期和燕山期以大规模的中酸性岩浆侵入为特征。新生代为大规模玄武岩浆的裂隙式溢流和沿火山通道强烈的中心式喷发,其中汉诺坝玄武岩最具代表性。

2 U 地球化学空间分布

2.1 U 在岩石中的空间分布

河北省 II 级构造单元中 U 丰度统计结果(表 1)表明,岩体中 U 丰度从高到低分别为内蒙地轴—燕山台褶带—山西断隆。地层中 U 丰度从高到低分别为内蒙地轴—山西断隆—燕山台褶带。在 3 个 II 级构造单元中,内蒙地轴的岩体和地层中 U 丰度均最高,高于华北地台,但与中国东部表壳岩石元素丰度^[17]相比,较之不及。迟清华等^[18]统计的中国东部内蒙古兴安—吉黑造山带、华北地台、秦岭—大别造山带、扬子地台(东)、华南褶皱系 5 个 I 级构造单元出露地壳元素丰度显示,华北地台 U 丰度最低。中国东部岩石地球化学图显示中国东部的 U 低背景主要集中分布于华北地台与太古宙麻粒岩相地体、角闪岩相地体及与碳酸盐岩大面积出露有关的地区^[19],说明本区的 U 含量整体上位于低背景分布区,但内蒙地轴又处于相对富集状态。

3,其中 U 背景值的确定采用迭代剔除 3 倍离差后的平均值。从表 3 可以看出,与半湿润低山丘陵区水系沉积物相比,冀北地区 U 含量略有贫化。内蒙古华力西晚期褶皱带平均值及背景值最高,燕山台褶带最低,二者平均值相差 2.29 倍,背景值相差 2.24 倍。内蒙地轴平均值及背景值与全区相当。

从全区地球化学图(图 1)来看,U 低背景含量范围 $0.23\times 10^{-6}\sim 1.2\times 10^{-6}$,背景含量范围 $1.2\times 10^{-6}\sim 2.7\times 10^{-6}$,异常含量范围 $2.7\times 10^{-6}\sim 11.35\times 10^{-6}$ 。空间上,U 高背景—异常区主要位于内蒙古华力西晚期褶皱带及内蒙地轴 II 级构造单元,呈北东向带状分布于崇礼石窑子—丰宁森吉图,向东北延伸至围场老窝铺—姜家店一线,其次于赤城三道川、围场四合永—新地发育两处面状异常区。丰宁—隆化断裂带以南 U 以低背景—负异常分布为主。其余区域多为背景分布。U 异常一般伴有 B、Be、Pb、Sn、Th、

表 2 冀北地区出露岩体 U 地球化学参数特征

岩体位置	Ⅱ级构造单元	岩性(时代)	样品数	$w(\text{U})/10^{-6}$	U 标准差
赤城白草	内蒙地轴	二长花岗岩(J_3)	10	2.21	0.57
赤城三道沟	内蒙地轴	花岗斑岩(J_3)	3	1.01	0.1
丰宁黑山嘴	内蒙地轴	潜流纹岩(J_3)	10	2.55	0.77
丰宁窟窿山	内蒙地轴	碱性花岗岩(J_3)	10	6.15	2.52
丰宁老虎沟门	内蒙地轴	碱性花岗岩(J_3)	10	2.86	0.56
丰宁平顶山	内蒙地轴	碱性花岗岩(J_3)	10	1.35	0.37
丰宁东猴顶	内蒙地轴	二长花岗岩(J_3)	10	1.65	0.59
沽源同生永	内蒙地轴	潜石英正长斑岩、潜(石英)粗面岩(J_3)	10	2.05	0.4
沽源羊圈圪	内蒙地轴	花岗斑岩(J_3)	3	2.73	1.18
隆化平顶山	内蒙地轴	花岗斑岩(J_3)	10	1.32	0.26
隆化五沟	内蒙地轴	石英正长斑岩(J_3)	2	1.07	0.36
丰宁豪村沟门	内蒙地轴	石英二长岩、花岗闪长岩(J_2)	4	0.41	0.67
隆化白云山	内蒙地轴	二长花岗岩(J_2)	10	1.62	0.45
隆化曹碾沟	内蒙地轴	二长花岗岩(J_2)	5	1.12	0.39
隆化碱房	内蒙地轴	石英二长岩、花岗闪长岩(J_2)	4	3.3	0.94
围场锥山子	内蒙地轴	花岗岩(J_2)	15	1.43	0.56
丰宁干沟门	内蒙地轴	斑状花岗岩(P_1)	10	2.15	0.75
赤城冰山梁	内蒙地轴	二长花岗岩(P_1)	3	1.05	0.24
赤城马营	内蒙地轴	二长花岗岩(P_1)	4	0.94	0.1
崇礼海流图	内蒙地轴	二长花岗岩(P_1)	10	0.52	0.18
隆化韩家店	内蒙地轴	正长花岗岩(P_1)	10	1.85	0.85
丰宁千佛寺	内蒙地轴	变质斑状二长花岗岩(P_1^2)	3	1.05	0.12
平泉县茅兰沟	燕山台褶带	正长花岗岩(K_1)	10	1.58	0.38
滦平黄花顶	燕山台褶带	石英正长岩(K_1)	10	0.57	0.26
承德黑山	燕山台褶带	潜粗安岩、潜安山岩(J_2)	6	1.37	0.18
丰宁南猴顶	燕山台褶带	花岗岩(J_2)	10	1.09	0.55
丰宁季棚子	燕山台褶带	二长花岗岩(T_3)	10	0.77	0.41
平泉王土房	燕山台褶带	正长花岗岩(T_3)	10	1.15	0.32
丰宁桃花山	燕山台褶带	石英二长闪长岩(T_3)	6	0.41	0.16
赤城茨儿营子	燕山台褶带	二长花岗岩(P_1)	3	0.34	0.07
承德大梁顶	燕山台褶带	花岗闪长岩、花岗闪长岩(P_1)	7	0.41	0.12
承德大庙	燕山台褶带	斜长岩(P_1^2)	10	0.14	0.08
承德高寺台	燕山台褶带	纯橄岩、辉橄岩(P_1^2)	6	0.57	0.68
丰宁蕨菜沟	燕山台褶带	透辉岩、角闪石岩(P_1^2)	6	0.32	0.19
丰宁上方营子	燕山台褶带	变质斑状二长花岗岩(P_1^2)	10	0.35	0.13
隆化大光顶	燕山台褶带	变质闪长岩(P_1^2)	10	0.42	0.47
隆化韩麻营	燕山台褶带	变质斑状二长花岗岩(P_1^2)	3	1.19	0.41
平泉刁窝	燕山台褶带	辉长岩(P_1^2)	5	0.26	0.12
平泉光头山	燕山台褶带	正长花岗岩、碱性花岗岩(P_1^2)	10	0.51	0.23

表 3 冀北地区水系沉积物 U 含量统计参数

Ⅱ级构造单元	样品数	最小值 $/10^{-6}$	最大值 $/10^{-6}$	平均值 $/10^{-6}$	标准 离差	变化 系数	背景值 $/10^{-6}$	半湿润低山丘陵区均 值 ^[18] $/10^{-6}$
内蒙古华力西晚期褶皱带	1362	0.4	8.83	2.43	1.03	0.42	2.33	1.98
内蒙地轴	5727	0.25	11.35	1.96	0.9	0.46	1.91	1.98
燕山台褶带	1770	0.23	4.65	1.06	0.58	0.55	1.04	1.98
冀北地区	8874	0.23	11.35	1.87	0.97	0.92	1.80	1.98

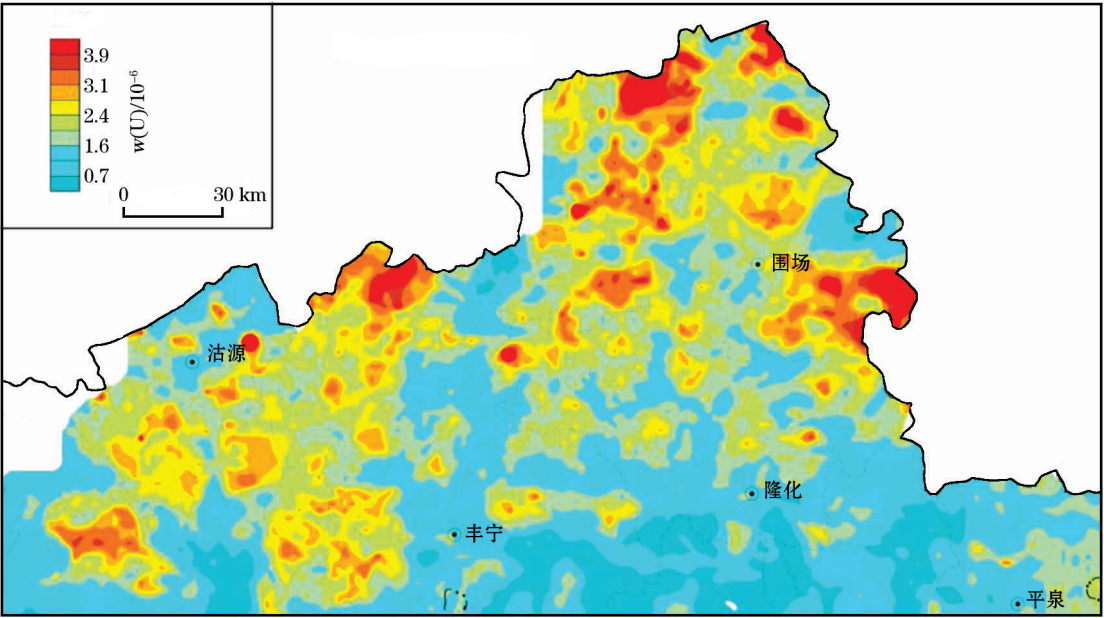


图 1 冀北地区 U 地球化学分布

Y、W、K₂O 等异常。

不同地层单元水系沉积物 U 含量统计发现,白垩系大北沟组 U 平均值最大,为 2.55×10^{-6} ,第四系出现 U 最高含量(11.35×10^{-6})。白垩系张家口组 U 平均值 2.46×10^{-6} ,最高值 10.3×10^{-6} ,这两项参数均居全区次高。水系沉积物为岩石的风化产物,对源岩有继承性,因此 U 的高背景分布受含铀的中酸性岩浆岩体、碱性岩体及白垩系张家口组、大北沟组及上侏罗统潜火山岩等地质单元控制。本区出露的地质体中以白垩系张家口组出露面积最大,U 异常也于该地层区分布面积最大。

2.3 U 地球化学异常与地质构造及铀矿的关系

上述冀北地区 U 的空间分布特征,与本区特定的地层、构造及岩浆岩的地质构造格架是相匹配的,排除地貌、景观等表生因素的影响,U 地球化学异常的形成主要受上述三者共同作用。同时,铀矿的形成也是受上述诸多地质因素协同作用的结果。

U 异常的形成与一定的地质体关系密切。运用 SPSS17 统计软件对本区水系沉积物 39 种元素的原始数据进行 Pearson 相关系数法 R 型聚类分析(图 2),分析结果表明,U 与 Zr、Y、Nb、La 关系最密切,其次与 Be、Sn、Th、SiO₂、K₂O 相关性较高,说明 U 与亲酸性元素相关性好,酸性岩浆岩有利其富集。通过统计也发现,燕山期酸性岩浆岩及下白垩统酸性火山—沉积岩系 U 含量高,是形成 U 地球化学异常的主要物质来源,如白垩系张家口组、大北沟组地层

区 U 异常非常发育。

本区 U 地球化学异常受断裂构造控制明显,U 异常整体呈北东向展布,崇礼石窑子—丰宁森吉图异常段与张北—沽源断裂带展布方向一致,围场老窝铺—姜家店异常段与重力推断的隐伏断裂展布方向一致。U 异常也受火山构造控制,内蒙地轴区 U 高背景及异常基本分布于白垩纪火山盆地内。如 460、534 铀钼矿所处的沽源火山盆地为富 U 区,丰宁西部及北部、围场西部的火山盆地也均为 U 的富集区。

U 地球化学异常与铀矿关系密切,铀矿成矿远景区基本都位于 U 富集区。“全国铀矿资源潜力评价”项目中划分了 6 条火山岩型铀成矿带,其中一条跨越冀北和内蒙古的沽源—红山子火山岩型铀矿成矿带即位于本区沽源一带北东向的 U 异常带上,在该异常带内已发现了 460、534 两处大、中型火山岩型铀矿床及数个铀矿(化)点。U 异常中心与矿床空间位置有一定偏差,矿床基本位于高背景与异常衔接带,多伴生 Mo、Th、La 等异常。付锦等^[20]通过全国铀矿资源潜力评价发现火山岩型铀矿化,铀异常强度不大,一般以高背景场出现。本区铀矿的地球化学异常特征与上述认识存在相似性。综合认为,本区火山岩型铀矿成矿潜力巨大,找矿方向为 U 异常及外缘高背景区、伴生 Mo 和 Th 等元素组合、白垩系张家口组地层出露、断裂构造发育的区域,以沽源—围场一带的北东向 U 异常带成矿潜力最佳。

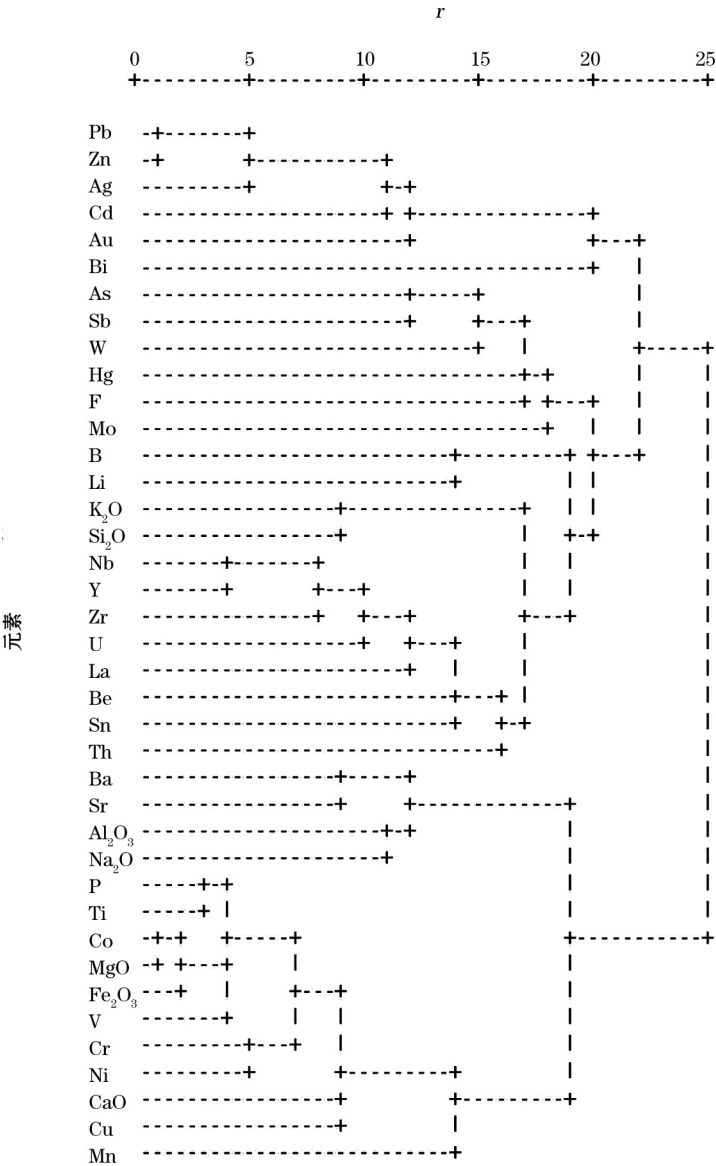


图 2 冀北地区水系沉积物 39 种元素聚类分析

3 U 地球化学时间分布

3.1 U 在各时代地层中的地球化学分布

本区元古宇及古生界地层不发育,中生界地层出露面积大,因此在统计过程中,仅根据本区出露的主要岩石地层资料进行研究,详见表 4 及图 3。太古宇 U 含量 $0.2\times 10^{-6}\sim 0.28\times 10^{-6}$,侏罗系 U 含量 $1.53\times 10^{-6}\sim 2.09\times 10^{-6}$,白垩系 U 含量 $1.16\times 10^{-6}\sim 2.90\times 10^{-6}$ 。从时间分布可以看出,中生界侏罗—白垩系地层 U 含量最高,其次是新生界,太古宇地层 U 含量最低。其中 U 含量排在前三位的分别是白垩系张家口组、大北沟组、九佛堂组,均高出中国东部表壳岩 U 丰度。尤其是张家口组的 U 含量及离散

程度居全区之首,分布面积约 8 400 km²,占地层出露面积近五分之二,为铀矿的形成提供了丰富的物质来源,目前已发现 460 大型铀钼矿及 534 中型铀钼矿。从岩性上分析,由于 U 易于富集在偏酸性火成岩中,侏罗—白垩系为陆相中酸性火山—沉积岩系,因此 U 的含量高。

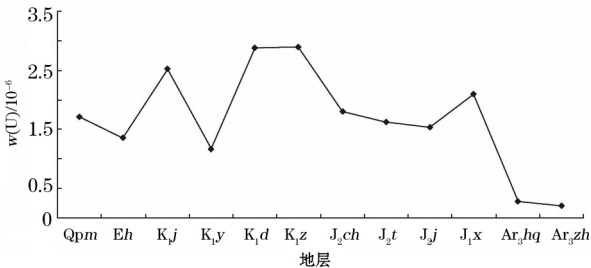


图 3 冀北地区岩石地层 U 含量分布

表 4 冀北地区岩石地层 U 含量特征

地层	代号	样品数	$w(\text{U})/10^{-6}$	U 标准差
第四系马兰组	Q _{pm}	3	1.71	0.12
古近系汉诺坝组	Eh	41	1.36	0.67
白垩系义县组	K ₁ y	22	1.16	0.55
白垩系九佛堂组	K ₁ j	31	2.52	0.92
白垩系大北沟组	K ₁ d	20	2.88	1.28
白垩系张家口组	K ₁ z	37	2.90	1.49
侏罗系土城子组	J ₂ tch	45	1.80	1.0
侏罗系髫髻山组	J ₂ t	8	1.62	0.16
侏罗系九龙山组	J ₂ j	12	1.53	0.58
侏罗系下花园组	J ₁ x	18	2.09	1.63
红旗营子岩群	Ar ₃ hq	15	0.28	0.18
遵化岩群	Ar ₃ zh	39	0.2	0.14
全省			1.33	
中国东部 ^[17]			2.2	

3.2 U 在各时代酸性岩中的地球化学分布

本区酸性岩浆岩非常发育,约占基岩出露面积的五分之一。从太古宇—中生界均有出露,其中内蒙地轴区二叠系和侏罗系花岗岩较发育,参与统计的样点数较多,燕山台褶带分布的采样点相对较少。从表 5 可以看出,内蒙地轴上侏罗统 U 含量最高,其次是下白垩统,古元古界 U 含量最低。燕山台褶带下白垩统 U 含量最高,其次为中侏罗统,下二叠统含量最低,各时代地层中的 U 含量均不及内蒙地轴同期的 U 含量,整体的变化趋势为地层时代由老

到新,U 含量逐渐增加,元古宇及古生界低,中生界侏罗—白垩系高。

花岗岩的物质成分主要来源于地壳的中下部,是深部地壳物质长期分异和调整的结果,其组成既反映了区域地壳的演化与形成环境,在一定程度上亦反映区域下地壳和地幔的组分特征与差异^[21]。内蒙地轴和燕山台褶带两个Ⅱ级构造单元酸性岩 U 丰度上的差异,说明这两个区域的地壳演化与形成环境,乃至下地壳和地幔的组分特征存在差异。

表 5 内蒙地轴和燕山台褶带不同时期酸性岩 U 含量的演化

时代	内蒙地轴		时代	燕山台褶带	
	样品数	$w(\text{U})/10^{-6}$		样品数	$w(\text{U})/10^{-6}$
K ₁	10	2.04	K ₁	10	1.58
J ₃	78	2.38	J ₂	10	1.09
J ₂	30	1.42	T ₃	20	1.01
P ₁	37	1.65	P ₁	3	0.34
Pt ₁ ²	3	1.05	Pt ₁ ²	23	0.54

4 结论

空间分布上,内蒙古华力西晚期褶皱带及内蒙地轴Ⅱ级构造单元 U 含量高,主要呈东北向带状分布于崇礼石窑子—丰宁森吉图,向东北延伸至围场老窝铺—姜家店一线,其次分布于赤城三道川、围场四合永—新地等地,主要与含 U 的中酸性火山—沉积岩系及中酸性岩浆岩体或碱性岩体相对应。燕山台褶带 U 含量普遍较低。U 异常的形成受多种地质因素的制约,地质体岩性特征、断裂构造、火山构造等对其控制明显。U 异常与铀矿床的关系密切,

可以作为找矿的直接指示元素,沽源—围场一带的北东向 U 异常带是铀矿的成矿远景区。

在时间分布上,地层及岩体存在较一致特征,即地层从老到新,U 含量有逐渐增加的趋势,以上侏罗—下白垩统 U 含量最高。

参考文献:

[1] 方锡珩,方茂龙,罗毅.全国火山岩型铀矿资源潜力评价[J].铀矿地质,2012,28(6):342-348.
[2] 游云飞,谭本玉,张学权,等.汞在 460、534 地区的分布特征及其找铀矿的意义[J].铀矿地质,1987,3(4):203-213.
[3] 桑吉盛,李利权,田万文,等.冀北坝上地区深部地质构造特征及其对火山活动和铀成矿的控制作用[J].铀矿地质,1994,

10(2):65-69.

[4] 张振强.460 铀矿床地球化学特征及成矿机理探讨[J].辽宁地质,2001,18(1):28-33.

[5] 沈光银.460 铀钼矿床控矿因素及矿床成因探讨[J].矿产与地质,2007(5):509-514.

[6] 赵忠华,彭志东,张学元,等.中国东北部火山岩型铀矿成矿地质特征及找矿方向[J].铀矿地质,2007,23(3):129-137.

[7] 郭鸿军,马申坤.河北省涪源县张麻井铀钼矿控矿因素分析及外围找矿前景探讨[J].地质调查与研究,2009,33(3):210-215.

[8] 芮国桢.460 大型铀-钼矿床成矿地质特征及成因探讨[J].世界核地质科,2010,27(3):149-154.

[9] 刘学武,王胜权,樊秉鸿.河北涪源 460 铀钼矿床成因探讨[J].地质找矿论丛,2010,25(1):36-42.

[10] 陈东欢,范洪海,王风岗,等.涪源—红山子铀多金属成矿带多元同位素示踪[J].中国核科学技术进展报告(第二卷):铀矿地质分卷,2011:611-617.

[11] 刘祜,柯丹,李必红,等.花岗岩型和火山岩型铀矿成矿环境的重力场特征[C]//中国地质学会 2011 年学术年会,2011:152-157.

[12] 吕增尧.张麻井铀钼矿床地质特征及涪源盆地找矿思路[J].矿产勘查,2012,3(4):452-457.

[13] 杜俐,沈光银,林银山.华北地台北缘火山岩型铀钼矿床找矿模型研究[J].地质找矿论丛,2012,27(4):458-462.

[14] 沈光银,杜俐,林银山.综合物化探方法在寻找隐伏铀钼矿床中的应用[J].物探与化探,2012,36(5):732-736.

[15] 张明林,车永飞,朱鹏飞,等.河北涪源张麻井火山岩型铀矿床成矿模式[J].矿床地质,2012,31(增刊):239-240.

[16] 高金铖,沈光银,李先瑞,等.综合物化探方法在 460 铀钼矿床勘查中的应用[J].铀矿地质,2013,29(1):52-59.

[17] 鄢明才,迟清华.中国东部地壳与岩石的化学组成[M].北京:科学出版社,1997.

[18] 迟清华,鄢明才.应用地球化学元素丰度数据手册[M].北京:地质出版社,2007.

[19] 迟清华,鄢明才.中国东部岩石地球化学图[J].地球化学,2005,34(2):97-108.

[20] 付锦,赵宁博,裴承凯,等.中国铀、钍、钾元素地球化学场特征及与铀矿化关系[J].物探与化探,2014,38(2):200-204.

[21] 迟清华.华南陆块铀和钍的地球化学时空分布[J].地学前缘,2012,19(3):70-83.

Temporal and spatial distribution of uranium in northern Hebei Province

SHI Shu-Juan^{1,2}, CHEN Jun-Wei¹, DAI Yong-Gang¹, FENG Xiao-Hui¹

(1.Hebei Institute of Geophysical Exploration,Langfang 065000,China;2.Post-doctoral Scientific Research Workstation,Hebei Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration,Shijiazhuang 050081,China)

Abstract: Northern Hebei Province is a prospective area of volcanic rock-hosted uranium deposits. Based on the 1 : 200 000 stream sediment and regional rock data, this paper discusses the spatial and temporal distribution of U in northern Hebei Province in order to provide geochemical information for uranium exploration. In spatial distribution, the high background values of uranium are distributed in the late Variscan folded zone in Inner Mongolia and Inner Mongolia axis, and are focused on the zone of Shiyaozi in Chongli County-Senjitu in Fengning County-north Guyuan County-north Weichang County. Uranium geochemical abnormal belt corresponds with the south of the Hongshanzi metallogenic belt. The formation of U geochemical anomaly is controlled by geological bodies which are intermediate-acid rock mass of Yanshanian epoch and acid volcanic rock of Zhangjiakou strata and Dabeigou strata, NE-trending faults and volcanic basins. Uranium geochemical anomalies are closely related to uranium deposits. Uranium deposits are located along the uranium anomaly belt, and hence uranium anomalies can be used as uranium ore prospecting indicators. In temporal distribution, U values have a tendency to increase and are enriched in late Jurassic and early Cretaceous strata, but are low in Archean and Proterozoic strata.

Key words: uranium;geochemistry;temporal and spatial distribution;northern Hebei Province

(本文编辑:蒋实)