

CNTG-00735
DRTUG-0012

CN9400819

中国核科技报告

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT

冀北早前寒武纪基底与古老花岗岩类演化特征及其他成矿条件研究

THE EVOLUTIONARY CHARACTERISTICS AND
STUDY OF URANIUM MINERALIZATION
CONDITIONS OF EARLY PRECAMBRIAN
BASEMENT AND OLD GRANITIODS IN
NORTHERN HEBEI PROVINCE OF CHINA

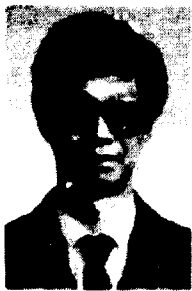
(In Chinese)



原子能出版社

中国核信息中心

China Nuclear Information Centre



夏毓亮：核工业北京地质研究院高级工程师。
1964年毕业于中国科学技术大学地球化学系。
Xia Yuliang; Senior engineer of Beijing Research
Institute of Uranium Geology. Graduated from
Department of Geochemistry, Chinese University
of Science and Technology in 1964.

CNIC-00735

BRIUG-0012

冀北早前寒武纪基底与古老花岗岩类演化特征及其铀成矿条件研究

夏毓亮 戎嘉树 林锦荣

郑懋公 温希元

(核工业北京地质研究院)

摘 要

基于岩石学、地球化学、同位素地质年代学的系统研究,对冀北早前寒武纪变质杂岩划分出三套具有明显差别的变质岩,即麻粒岩系、孔兹岩系和角闪-长英质岩系。该区所谓的混合花岗岩类并非混合岩化作用形成,而是一批不同时代、不同物质来源的岩浆花岗岩体。发现怀安杂岩是华北地台北缘迄今所知最古老的陆核,约在 35 亿年前就已形成。厘定麻粒岩系、孔兹岩系和角闪-长英质岩系的时代归属分别为早太古宙($>30\pm 1$ 亿年)、中太古宙($>27\pm 1$ 亿年)和晚太古宙($>24\pm 1$ 亿年),并建立了冀北早前寒武纪地质年表。根据各种因素的综合分析,得出该区古老地质地体无铀成矿远景的结论。然而,指出了该研究区北侧可能以海西期花岗岩为基底的中生代火山岩盆地是寻找大型铀矿床的主要目标。

**THE EVOLUTIONARY CHARACTERISTICS AND
STUDY OF URANIUM MINERALIZATION
CONDITIONS OF EARLY PRECAMBRIAN
BASEMENT AND OLD GRANITOIDS IN
NORTHERN HEBEI PROVINCE OF CHINA**

(In Chinese)

Xia Yuliang Rong Jiashu Lin jinrong
Zheng Maogong Wen Xiyuan

(BEIJING RESEARCH INSTITUTE OF URANIUM GEOLOGY)

ABSTRACT

Based on the systematic studies of petrology, geochemistry and isotope geochronology, the Early Precambrian metamorphic complex in Northern Hebei province of China can be divided into three different series, i. e. granulite series, khondalite series and amphibolitic-felsic rock series. The so called "migmatitic granitoids" in that area are actually some magmagranites with different ages and different geneses, and they are not formed by migmatization. Up to now, the discovered Huaian complex which was formed in 3.5 Ga ago is the oldest nuclear area in the northern margin of North-China Platform. The granulite series, khondalite series and amphibolitic-felsic rock series belong to Early Archaean ($>3.0 \pm 0.1$ Ga), Middle Archaean ($>2.7 \pm 0.1$ Ga) and Later Archaean ($>2.4 \pm 0.1$ Ga) respectively. The geological time scale of the Early Precambrian for Northern Hebei Province has been built. According to the synthetic analyses of various factors there is no prospect of uranium mineralization in the ancient terrain. However, the Mesozoic volcanic basins covering over the Hercynian Period granites would be main goal for looking for large uranium deposits in north part in that area.

前 言

工作区位于华北地台北缘和内蒙地轴的东延部分(见图1)。该区广泛出露早前寒武纪变质岩系及古老花岗岩类岩石,虽以盛产内生金属矿尤以金银矿而著名,然而以往对早前寒武纪基底变质岩系及古老花岗岩类的地质特征、时代归属、成因类型及矿源条件却了解不够。在连山关地区发现富铀矿床和在本工作区北部中生代火山岩盆地中发现中-大型铀矿床后,人们对冀北早前寒武纪的基础地质的研究日益关注。

科学研究是探索未知,对于早前寒武系变质杂岩区的研究更是需要多学科的配合,本文是在根据室内外所获得的大量岩石学、常量和微量元素地球化学、REE地球化学以及同位素地质年代学等方面的资料和数据的基础上,对冀北早前寒武纪变质岩系及古老花岗岩类的岩石特征、成因、时代和演化规律以及铀成矿条件等进行了多方面的研究,提出了一些新的认识和结论,这不仅对区域铀成矿规律研究有重要的参考价值,而且对本区基础地质研究也具有突破性意义。

1 早前寒武纪变质岩系

冀北早前寒武纪变质岩类长期以来沿用群组划分的方案,但实际工作中常会遇到许多无法解决的问题。在野外常见同一岩性组合贯穿不同的群组,同类岩性组合在同一群组中重复出现,暴露出群组的不确定性。因此我们根据变质岩岩性组合、同位素地质年代数据、岩石成因类型,及岩石野外接触关系,将冀北早前寒武纪变质杂岩划分为三大岩系,即早太古代的麻粒岩系($\geq 30 \pm 1$ 亿年)、中太古代的孔兹岩系($\geq 27 \pm 1$ 亿年)和晚太古代的角闪-长英质岩系($\geq 24 \pm 1$ 亿年)。

1.1 麻粒岩系

麻粒岩系岩石主要分布在张家口-宣化以西怀安一带,包括原定马市口组、瓦窑口组、佑所堡组及谷咀子组的一部分岩石^[1~4]。

麻粒岩系按矿物成分可划分为基性麻粒岩(角闪二辉麻粒岩、二辉麻粒岩)、中性麻粒岩(麻粒岩)和酸性麻粒岩(花岗闪长质片麻岩、斜长花岗质片麻岩);岩石经受区域高级变质——麻粒岩相变质作用,以含斜方辉石和单斜辉石为特征,经历多次强烈的塑性形变,普遍发育有长英质条带。

麻粒岩中常见有暗色的榴辉岩、斜长角闪岩和辉石岩呈因块状、透镜状、似层状的“包体”产出。

麻粒岩中还见有被认为是本区最古老的沉积变质岩——表壳岩(磁铁矿英岩),呈层状体在麻粒岩之中。

关于麻粒岩系岩石原岩性质的成分识别^[5],采用CaO-Na₂O图解(图2)、MnO-TiO₂图解(图3)、Al₂O₃-(K₂O+Na₂O)图解(图4)、Cr-mg图解和Ni-mg图解(图略),本区麻粒岩系各类型岩石样品数据绝大多数落在图中火成岩区或显示火成岩岩石成分演化趋势,说明麻粒岩系岩石原岩为火成岩类。

根据麻粒岩系中各类型岩石的接触关系,表壳岩在麻粒岩中呈岩浆包裹体的特征,推断麻粒岩原岩为一套基性、中性到酸性的侵入岩类。

麻粒岩系各类型岩石及相应的原岩列于表1。

表 1 麻粒岩及其岩类类型划分

	岩石类型	副岩	SiO ₂ %
基性麻粒岩	二辉麻粒岩	闪长岩	45~52
	角闪二辉麻粒岩		
中性麻粒岩	麻粒岩	闪长岩	52~65
酸性麻粒岩	斜长花岗岩麻岩	斜长花岗岩	>65
	花岗岩长质片麻岩	花岗岩长岩	

根据元素的行为特性,可以把麻粒岩系岩石划分为基性麻粒岩和中、酸性麻粒岩两个演化系列。

常量元素分析表明,基性麻粒岩比中、酸性麻粒岩具有较高的 Fe₂O₃, FeO, MgO, CaO, TiO₂ 和较低的 SiO₂, K₂O 和 Na₂O。基性麻粒岩与中、酸性麻粒岩成分的变化是不连续的,两者之间存在一间隔,说明二者不属于一个成分演化系列。

基性麻粒岩 SiO₂ 变化范围很小,而其它常量元素变化幅度较大;中、酸性麻粒岩随 SiO₂ 增加, Fe₂O₃, FeO, MgO, CaO, TiO₂, Al₂O₃, P₂O₅ 递减,而 K₂O, Na₂O 递增,显示基性麻粒岩与中、酸性麻粒岩有不同演化特征。

把麻粒岩各类型岩石样品测量数据投入 (La/Sm)-La 图解(图 5),基性麻粒岩与中、酸性麻粒岩彼此分离,呈相互平行的两个水平趋势,说明两者为不同岩浆结晶分异系列。

在稀土元素分布模式图中,基性麻粒岩各类型岩石分布曲线基本平行,中、酸性麻粒岩各类型岩石分布曲线也近于平行。这种分布特征说明,基性麻粒岩和中、酸性麻粒岩两个系列岩石各自成分的变化系岩浆结晶分异所致。

在 (La/Yb)_N-(Yb)_N 图解中(图略),麻粒岩系绝大多数岩石样品点均落在洋中玄武岩(源区)部分熔融演化区,这就说明麻粒岩来源于成分相当于洋中玄武岩的硅镁层物质(下地壳)。由此可见在早太古代麻粒岩原岩形成之前(>35 亿年),本区下地壳已从地幔中分化出来,并作为麻粒岩的物源。

微量元素分析表明,麻粒岩系岩石中 Rb, Ba, Th, U, K, Nb, Ce, Sr, Hf, Zr, Sm, Ti, Tb, Yb 和 Y 等元素含量均高于地幔;而与标准洋中玄武岩对比,则呈互补关系。麻粒岩系中 Rb, Ba, Th, U, K, Nb, Ce, Sr, Hf 和 Zr 含量较高,而 Sm, Ti, Tb, 和 Y 含量较低。这就说明了洋中玄武岩作为麻粒岩系岩石物源的可能性,即具洋中玄武岩成分的下地壳部分熔融形成麻粒岩系原岩岩浆。

1.2 孔兹岩系

孔兹岩系岩石在工作区分布局限,只在尚义一带有出露,即原定为下白密组的岩石。

孔兹岩系是一套富铝的长英质片麻岩系,按矿物组成可分四大类:黧线黑云钾长片麻粒、石榴黑云斜长片麻岩、石榴黑云方柱钾长片麻岩和钙硅酸盐。以黧线黑云钾长片麻岩为主,岩石经受了麻粒岩相变质及塑性形变作用。

根据刘金钟⁽⁶⁾对本区以西大同-兴和一带的研究,孔兹岩中存在不同级别不同规模的变余沉积韵律构造,说明其原岩为沉积岩类。

把本区孔兹岩样品成分投入 (Al₂O₃+TiO₂)-(SiO₂+K₂O)-Σ 其余组分三角图中(图

略),分别落在砂岩、粉砂岩、泥质砂岩、泥岩及粘土岩区,说明孔兹岩系为上述沉积岩变质的产物。

孔兹岩 $MgO, K_2O, Na_2O, \sum (FeO + Fe_2O_3), TiO_2, P_2O_5$ 均与 SiO_2 无明显相关协变关系,显示了沉积岩的成分特征。

孔兹岩稀土元素分布模式图显示出轻重稀土分馏明显,轻稀土富集, Eu 负异常明显,与世界其它地区孔兹岩(如印度 Karnatak 陆核沉积岩)相似。

1.3 角闪-长英质岩系

角闪-长英质岩系在本区分布最广,主要分布在离文-承德大断裂之北的崇礼、赤城、丰宁和隆化一带,包括原定为红旗营子群(组)、姜营组、单塔子群及谷咀子组一部分岩石。

角闪-长英质岩系由中、基性片麻岩及变粒岩、片岩及大理岩组成,岩石经历中级变质——角闪岩相变质作用,塑性形变作用较弱。

原岩恢复表明,角闪-长英质岩系岩石中的中、基性片麻岩类原岩为火成岩类,而变粒岩、石英片岩和大理岩均为沉积岩类。

关于角闪-长英质岩系原岩恢复之成分判别采用了 TiO_2-SiO_2 图解(图6)、 $MnO-TiO_2$ 图解(图7)、 $CaO-Na_2O$ 图解(图8)和 $Al_2O_3-(K_2O+Na_2O)$ 图解(图9)。在上述图解中,中、基性片麻岩类样品测量数据均落在火成岩区内,而变粒岩落在沉积岩区。

结合角闪-长英质岩系区域上的成层性、片麻岩类与沉积岩类之整合接触关系,可以认为这套岩石原岩为火山-沉积岩系,也包括部分中、基性岩浆侵入体。

根据原岩成分判别的 $(Na_2O+K_2O)-SiO_2$ 图解、 $SiO_2-(Zr/TiO_2)$ 图解及 $alK-Si$ 图解(图略),可以看出基性片麻岩类原岩相当于玄武岩,中性片麻岩类原岩相当于安山岩、英安岩。

角闪-长英质岩系岩石类型及相应原岩见表2。

表2 角闪-长英质岩系岩石及原岩类型划分

	岩石类型	原岩	$SiO_2, \%$
基性片麻岩	角闪石岩、黑云斜长角闪岩、斜长角闪岩	玄武岩	45—52
中性片麻岩	闪斜片麻岩、云闪斜片麻岩、云斜片麻岩	安山岩、英安岩	52—65
沉积岩类	黑云变粒岩、斜十字石二云母石英片岩、大理岩	沉积岩	

根据元素行为特性,角闪-长英质岩系中的中、基性片麻岩类属同一演化系列,成分的变化系岩浆结晶分异所致。

根据常量元素所作的 Harker 变异图表明,从基性片麻岩至中性片麻岩,成分递变是连续的,不存在演化间隔,且 $MnO, Fe_2O_3, FeO, TiO_2, CaO$ 与 SiO_2 呈负相关关系,而 Na_2O, K_2O 与 SiO_2 则呈正相关关系,显示了同一岩浆演化系列成分的特征。

在 $(La/Sm)-La$ 图解中,基性片麻岩,中、酸性片麻岩样品点呈水平线型分布,说明两者为同一岩浆分异系列,岩石成分变化系结晶分异所致。其次,稀土元素分布模式图中各曲线近于平行也说明其结晶分异成因的特征。

在 $(La/Yb)_N-(Yb)_N$ 图解(图略)中,中、基性片麻岩类岩石样品测量数据均落在大洋中脊玄武岩部分熔融区,即片麻岩类原岩来源于大洋中脊玄武岩(下地壳)的物源之部分熔融。

微量元素特征显示,中、基性片麻岩类岩石中 Rb, Ba, Th, U, K, Nb, Ce, Sr, Nd, Hf, Zr, Sm, Ti, Ta, Yb 和 Y 等元素含量均高于地幔,而与标准洋中脊玄武岩相比,具有互补性,即片麻岩中 Rb, Ba, Th, U, K, Nb, Hf 和 Zr 含量较高,而 Sm, Ti, Ta 和 Y 含量较低。这就说明洋中脊玄武岩作为物源部分熔融形成本区片麻岩类原岩的可能性。

2 古老花岗岩类

在本区早前寒武纪基底变质岩区,广泛分布着长期以来一直被认为是太古代变质交代成因的“混合花岗岩”,根据这些花岗岩的结构特点,冠以“斑状混合岩”、“眼球状混合岩”、“均质混合岩”等^[1-4]。

我们根据岩石野外接触关系以及对钾长石斑晶的成因研究,认为这些所谓变质交代成因的“混合花岗岩”实际上为一系列古老岩浆侵入体,且有不同年代。

花岗岩中发现有轮廓清楚的块状角闪斜长片麻岩(基底)包体,两个花岗岩体呈侵入接触关系,这些地质特征只有岩浆岩才具有,而非变质交代作用所能解释。

钾长石斑晶中未见交代残余矿物,很难说明其交代成因;而岩浆结晶作用过程中,在过冷却温度低、生长速度快时,碱性长石可以形成比其它矿物大得多的晶体,则能很好说明斑晶钾长石的成因。

根据花岗岩形成年龄及成因,可以把本区古老花岗岩类划分为三大类,即五台期的幔型、壳幔型花岗岩,吕梁期的壳型花岗岩和海西期的壳幔型花岗岩(见表 3)。

表 3 古老花岗岩类类型划分

期次	年龄(亿年)	成因类型	代表性岩体
五台期	24±1	幔型	神墩岩体
		壳幔型	常峪口岩体、赵家窑岩体
吕梁期	18±1	壳型	帽山岩体、洪高寺岩体、兰家岩体、磨盘碾子岩体
海西期	2.4±0.1	壳幔型	白家窑岩体、南关岩体、紫眼岩体、李宁岩体

在(La/Yb)-(Eu/Eu*)图解(图 10)中,五台期赵家窑岩体、常峪口岩体样品落在壳幔型花岗岩区(样墩岩体 Eu/Eu* 值极大,已出图),吕梁期花岗岩落在壳型花岗岩区,海西期花岗岩落在壳幔型花岗岩区。说明三期花岗岩具有不同成因。

在(La/Yb)_N-(Yb)_N图解(图略)中,五台期神墩岩体来源于上地幔,赵家窑岩体、常峪口岩体来源于大洋中脊玄武岩成分的物源,吕梁期花岗岩来源于大陆壳,海西期花岗岩来源于大洋中脊玄武岩成分物源,但偏近于大陆溢流玄武岩一侧,说明三期花岗岩具有不同的物源。

其次,五台期神墩岩体中极低的微量元素及稀土元素含量均说明其直接来源于地幔;五台期赵家窑和常峪口岩体、海西期花岗岩微量元素含量均高于地幔,且稀土元素具有明显的 Eu 正异常,显示其深源特征;吕梁期花岗岩微量元素均高于地幔,且稀土元素具有明显的 Eu 负异常,即具有壳型花岗岩成分特征。

3 同位素地质年代学

关于冀北古老地质体的时代归属,以往并未进行过系统的同位素地质年代学研究。由于没有可靠的年代学资料为依据,因而地质界一直存在不同的认识,主要是在属于太古界还是属于下元古界的问题上没有定论。

鉴于本区高级变质杂岩的特殊性和复杂性,我们采用了目前人们认为对早前寒武纪岩石计时效果最好的锆石 U-Pb、全岩 Pb-Pb 及全岩 Sm-Nd 同位素地质年代学方法^[7],对各岩类进行了较为系统的采样和测定。在主要地质事件序列研究的基础上,利用所获同位素年龄数据,并参照前人的结果,建立了本区早前寒武纪地质演化的时标,发现了华北地台北缘最古老的陆核——怀安杂岩的存在,这为进一步研究中国大陆早期地壳演化提供了新的依据。

3.1 早太古宙麻粒岩系

对麻粒岩系岩石做了锆石 U-Pb、全岩 Pb-Pb、全岩 Sm-Nd 同位素地质年代学研究。锆石 U-Pb 同位素数据主要反映 18 ± 1 亿年的地质事件(图 11),表明了吕梁运动对麻粒岩系的强烈改造影响。同时,锆石 U-Pb 数据也有大于 30 亿年的年龄信息。在广泛范围内全岩 Pb-Pb 等时线给出了 $3462 \pm 47^{66}\text{Ma}$ 的结果(图 12)(本文所列误差均为 2σ ,下同),这个年龄值可能代表了怀安杂岩最早一次变质或接近 TTG 侵位的年龄,同时也是对锆石 U-Pb 同位素数据存在大于 30 亿年的地质体提供了佐证。而全岩 Sm-Nd 同位素数据,其亏损地幔模式年龄(T_{DM})有两组,分别为 27 ± 1 亿年和 30 ± 1 亿年,而众数样品所构成的 Sm-Nd 等时线年龄为 $2426 \pm 94 \text{ Ma}$ 。

综上所述,在本区首次发现 $\geq 35 \pm 1$ 亿年的数据,肯定了以怀安杂岩为代表的麻粒岩系为早太古代的变质地体,后经多次变质改造作用,其中 24 ± 1 亿年的地质事件使全岩体系发生某种程度的 Nd 同位素均一化^[8]。 18 ± 1 亿年的变质作用对麻粒岩系有划时代的强烈影响,并可能是本区麻粒岩系最后一次麻粒岩相变质作用的时间。

3.2 中太古宙孔兹岩系

孔兹岩系主要为一套副变质岩系,它遭受到角闪-麻粒岩相的变质作用。解决原岩为沉积成因的变质岩系的时代一直是同位素年代学中的难题。采自尚义县友谊水库边石榴黑云斜长片麻岩中的锆石,由 U-Pb 一致线图解^[9]获得上交点年龄为 $2087 \pm 78^{86}\text{Ma}$ 。根据该样品中锆石的晶形完好,色泽单一且透明,未见碎屑锆石外观,从而断定了该锆石是变质作用时形成的,2087 Ma 这个年龄值则反映了孔兹岩系变质作用的时间。参照前人(钱祥麟,1987;孙大中,1987)^[10]对孔兹岩系和麻粒岩系产出关系的研究,前者不整合于后者之上,我们推测孔兹岩系应属于中太古代(约 27~30 亿年)的产物。

3.3 晚太古宙角闪-长英质岩系

关于角闪-长英质岩系的时代归属,争议较多,主要在属太古还是属早元古的问题上没有定论。这次我们取单塔子群燕窝铺组的黑云斜长片麻岩,由锆石 U-Pb 一致线图解得到为 $2555 \pm 26^{176}\text{Ma}$;凤凰咀组的花岗质片麻岩,由锆石 U-Pb 一致线图解得到为 $2406 \pm 5^6\text{Ma}$;红旗营子组的黑云斜长片麻岩,由锆石 U-Pb 一致线图解得到为 2481 Ma。另外,在赤城祥瑞

侵入红旗营子群的奥长花岗岩,由锆石 U-Pb 一致线图解得到为 $2408 \pm_{39}^{42}$ Ma。上述结果证明该岩系不可能属于早元古代,而应归属于晚太古代的产物。

3.4 花岗岩类同位素地质年代学研究

关于本区早前寒武纪变质岩分布区所产花岗岩类的形成时代,过去也没有同位素年龄资料为依据。本课题对此进行了较深入的研究,做了大量锆石 U-Pb 同位素年代学工作,并基本厘定本区花岗岩类岩石的形成时代。可划分出五台期、吕梁期的花岗岩类,并从以往认为是古老花岗岩类的岩石中划分出若干属于海西期的花岗岩体。

3.4.1 五台期花岗岩类岩浆活动

本期花岗岩类分布局限,只在宣化、赤城一带有出露。如赤城祥瑞奥长花岗岩,其锆石 U-Pb 一致线图解年龄为 $2408 \pm_{39}^{43}$ Ma;张家口水晶屯钙质花岗岩和宣化赵家窑钙质花岗岩的锆石 U-Pb 一致线图解年龄为 $2405 \pm_{28}^{64}$ Ma。

3.4.2 吕梁期花岗岩类岩浆活动

研究表明,冀北地区吕梁期花岗岩类岩浆活动非常强烈,分布广,但主要在角闪-长英质片麻岩系分布区产出。我们从以往“混合花岗岩”区划分出若干岩体,用锆石进行 U-Pb 同位素年龄测定,其 U-Pb 一致线图解结果是:帽山闪长岩体为 $1887 \pm_{6}^{9}$ Ma;洪汤寺大斑状二长花岗岩体为 $1805 \pm_{3}^{4}$ Ma;骆驼鞍子大斑状二长花岗岩体为 $1806 \pm_{3}^{4}$ Ma;野马营片麻状花岗岩为 1807 ± 0.5 Ma;兰旗石槽子石墨斑状花岗岩体为 $1847 \pm_{30}^{94}$ Ma 等。

3.4.3 海西期花岗岩类岩浆活动

这里所指的海西期岩浆活动仅限于我们从以往被认为是早前寒武纪“混合花岗岩”或“混合岩”的岩石新划分出来应属于海西期的花岗岩类岩体。根据锆石 U-Pb 同位素数据,这些岩体有:尚义县的黄土窑岩体(约 235 Ma);赤城县的白家营岩体(335 Ma);丰宁县的梁根岩体(230~273 Ma);丰宁县南关岩体(225~308 Ma);丰宁岩体(230 ± 6 Ma);隆化县的老虎沟岩体(227~345 Ma)等。

4 冀北早前寒武纪地质年表和陆壳演化

4.1 早前寒武纪地质年表

根据对本区麻粒岩系、孔兹岩系、角闪-长英质岩系以及花岗岩类的同位素地质年代学研究,并综合区域地质事件序列,得出本区早前寒武纪地质年表(见表 4)。

4.2 早前寒武纪陆壳演化

根据野外地质及地球化学资料所进行的构造环境分析,本区早在麻粒岩系岩石原岩形成之前就已具有陆壳性质,作为其表层硅铝物质的火山-沉积岩(表壳岩)业已形成。在太古代经历了一次大规模的岩浆(TTG)活动(怀安运动,形成麻粒岩系原岩),两次沉积及火山-沉积作用(迁西运动,形成孔兹岩系;阜平运动,形成角闪-长英质岩系)。其后,五台运动的小规模花岗质岩浆侵位,结束了本区太古代的发展历史,而吕梁运动是本区早前寒武纪最后一次地壳运动,产生大规模的岩浆侵位和麻粒岩系的最后一次麻粒岩化作用。

表 4 冀北早侏罗纪地质年表

地质时代	岩石类型	年龄(亿年)	地壳运动
早元古宙	花岗岩类(I)	18±1	吕梁运动
	花岗岩类(II)	24±1	五台运动
晚太古宙	角闪-长英质片麻岩系	27±1	阜平运动
中太古宙	孔兹岩系	30±1	迁西运动
早太古宙	麻粒岩系	>35±1	怀安运动

5 铀成矿条件分析

为了探讨本区变质岩系及花岗岩类的铀成矿条件,本课题从以下几个方面进行讨论,以期能够获得比较客观的评价。

5.1 地壳演化与铀的富集

地壳演化到一定阶段,特别是钾质花岗岩的出现,标志着陆壳已达成熟,对铀成矿来说,这些钾质花岗岩有可能成为直接或间接的铀源体。

本区位于华北地台北缘,西部地区存在的古老的怀安杂岩约在 35 亿年前就形成了。但总体上,本区地壳演化速度慢,表现在钾质花岗岩形成时代晚,只在五台期(24±1 亿年)才零星有钾质花岗岩的形成,且分布也很局限。东部地区只在吕梁期(18±1 亿年)才形成少量钾质花岗岩。所以华北地台北缘地壳演化的基本特点是:起步早,演化速度慢,成熟期晚,成熟度低。因此,就古老变质岩系和花岗岩类提供铀源这个方面考虑,本区尚不存在好的铀源体。

5.2 各岩类的含铀性

经验表明,岩石的铀含量往往是评价该岩石铀成矿能力的一个重要指标。本研究区的各变质岩系的平均铀含量均低于 1 ppm,如麻粒岩系为 0.28 ppm,孔兹岩系为 0.55 ppm,角闪-长英质岩系为 0.51 ppm。各期花岗岩的铀含量也低,如五台期花岗岩为 0.63 ppm,吕梁期花岗岩为 2.40 ppm,海西期花岗岩为 2.75 ppm。

5.3 锆石铀含量特征

锆石铀含量可以作为母体岩石含铀性的间接指标。麻粒岩系锆石平均铀含量为 376 ppm,孔兹岩系为 653 ppm,角闪-长英质岩系为 202 ppm。各期花岗岩类锆石平均铀含量为:五台期 357 ppm,吕梁期 394 ppm,海西期 643 ppm。这些特点也说明本区是一个低铀的地球化学场,这与地球化学研究所指出的本区变质岩系主要来源于贫铀的下地壳物质的结果是一致的。

值得指出的是海西期壳幔混合型花岗岩中锆石含铀量有明显增高,可能反映了本区铀第一次富集的苗头,尤其发现了个别锆石铀含量达 2785 ppm(丰宁岩体),是值得注意的重要线索。

5.4 岩石的原始铀含量讨论

根据岩石样品 U-Pb 同位素组成而计算出岩石的原始铀含量^[1],可以进一步了解岩石

提供铀源的能力。对角闪-长英质岩系全岩 U-Pb 同位素体系的研究表明,其原始铀含量平均只有 1.5 ppm,大大低于克拉克值。尽管有较大比例的铀丢失,但由于原始铀含量太低,仍表现为供铀能力先天不足的特点。而海西期的丰宁岩体和梁银岩体表现出较高的原始铀含量,分别达 4.93 ppm 和 14.96 ppm,且铀的丢失量也较高,达 80%以上,显示了一定的供铀能力。

5.5 与国外产铀区基底岩系对比

对比结果表明,产铀区早前寒武纪具有“三位一体”的明显特征,即富铀富钾的太古代基底岩系,早元古代复地槽建造和中元古代地台型陆相沉积盖层。而本研究区与之相比差之较远,即基本上不存在“三位一体”的地质环境,再一次证明了本区早前寒武纪基底岩系对铀成矿不利。

5.6 对本区铀成矿条件的综合讨论

总而言之,冀北早前寒武纪变质岩系及花岗岩类最可能来自贫铀的下地壳物质,是在贫铀的地球化学场演化的产物,各项指标均表现为对铀成矿不利的特点,加之至今在本区早前寒武纪地质体内从未发现任何铀矿化点,所以我们的基本结论是:冀北地区早前寒武纪地质体没有铀成矿前景。

然而,本区发育有一定数量的海西期花岗岩类,尤其那些海西期钾质花岗岩,已呈现出铀第一次富集苗头。联系到北部盆地边缘较多海西期花岗岩的存在,这期岩体可能为冀北地区海西期后铀矿床、铀矿化点提供直接或间接的铀源。所以在冀北地区铀成矿规律研究中,应对海西期花岗岩类的侵入事件高度重视,尤其是那些以海西期花岗岩为基底的中生代火山岩盆地铀成矿的希望更大。

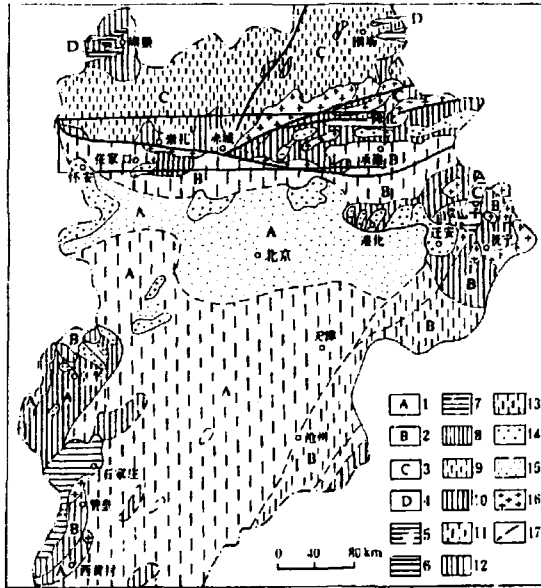


图1 工作区地理位置和变质相图

(后者据河北省区测队张春华等,1988)

- 1——晚元古变质期, 2——早元古变质期, 3——晚太古变质期, 4——早太古变质期;
 5——低绿片岩相, 6——高绿片岩相, 7——高绿片岩相与低绿片岩相未分, 8——中压角闪岩相;
 9——盖层下中压低角闪岩相, 10——中压高角闪岩相, 11——盖层下中压高角闪岩相;
 12——中压高角闪岩相和低角闪岩相未分, 13——盖层下中压高角闪岩相和低角闪岩相未分;
 14——麻粒岩相, 15——盖层下麻粒岩相, 16——花岗岩, 17——断层。

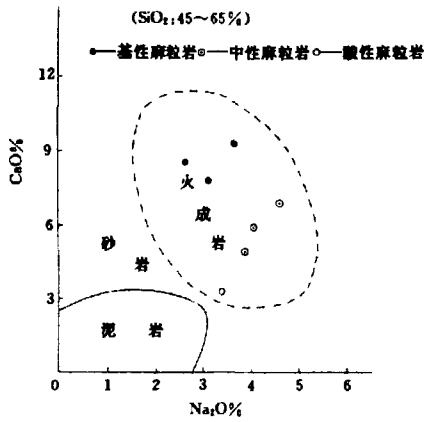


图2 CaO-Na₂O图解
(据 Shuldiner, 1979)

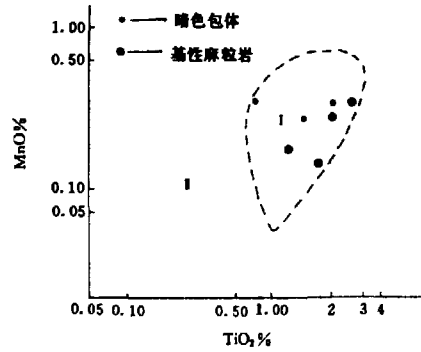


图3 MnO-TiO₂图解
(据 塞斯拉, 1971)
I——正斜长角闪岩, II——副斜长角闪岩

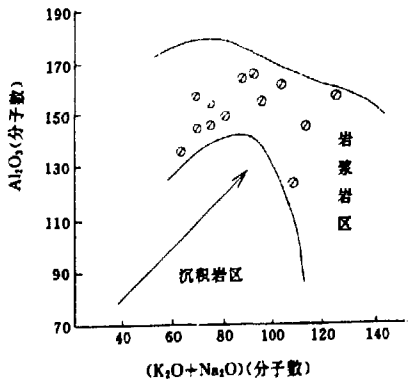


图4 麻粒岩(系)Al₂O₃-(K₂O+Na₂O)图解
(据 普列多夫斯基, 1980)

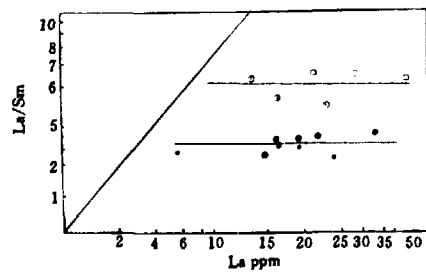


图5 La/Sm-La图解
(据 Allegre 等, 1978)
●——暗色包体; ●——碱性麻粒岩;
○——中性麻粒岩; ○——酸性麻粒岩.

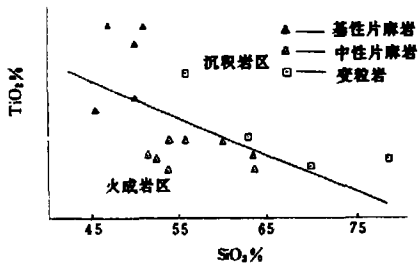


图 6 TiO_2-SiO_2 图解
(据 J. Tamey, 1976)

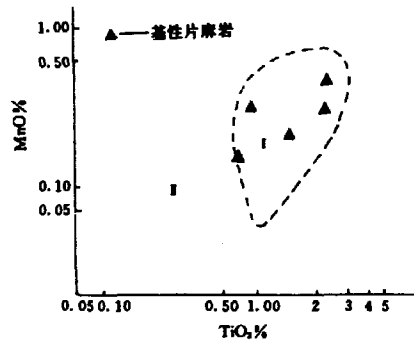


图 7 $MnO-TiO_2$ 图解
(据米斯拉, 1971)
I——正斜长角闪岩; II——副斜长角闪岩

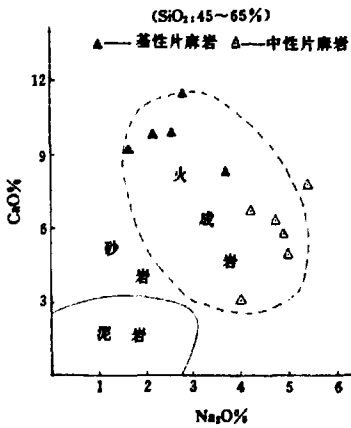


图 8 $CaO-Na_2O$ 图解
(据 Shuldiner, 1979)

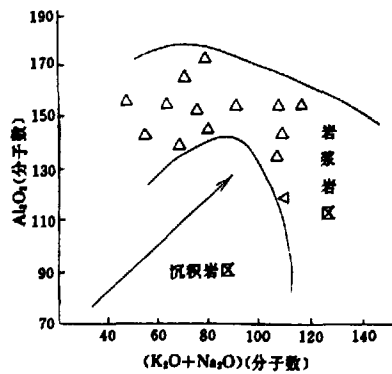


图 9 角闪-石英质岩系片麻岩类
 $Al_2O_3-(K_2O+Na_2O)$ 图解
(据普列多夫斯基 1980)

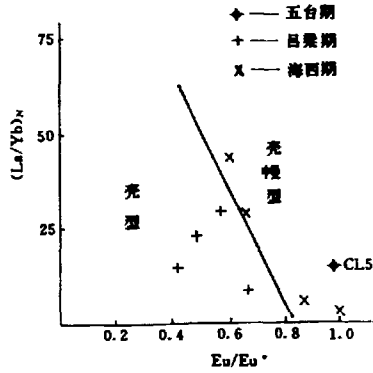


图 10 花岗岩类 $(La/Yb)_N$ - Eu/Eu^* 图解

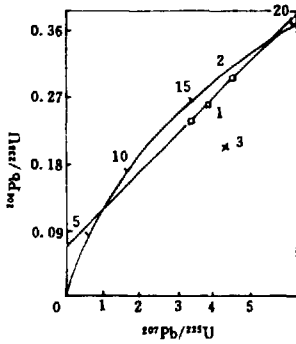


图 11 二辉麻粒岩 (CL5) 锆石 U-Pb 一致线图解

$$R = 0.990709;$$

$$T_1 = 1883.6 \pm \begin{matrix} 341.1 \\ 116.3 \end{matrix} \text{ Ma};$$

$$T_2 = 741.5 \pm \begin{matrix} 455.7 \\ 587.8 \end{matrix} \text{ Ma}.$$

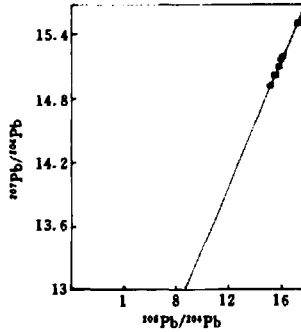


图 12 麻粒岩系全岩 Pb-Pb 等时线图解

$$R = 0.999108;$$

$$T = 3461.6 \pm \begin{matrix} 64.0 \\ 87.0 \end{matrix} \text{ Ma}.$$

参 考 文 献

- [1] 河北省地质局区调大队, 中华人民共和国地质图说明书, 1:20 万, 张家口幅, 1967
- [2] 河北省地质局区调大队, 中华人民共和国地质图说明书, 1:20 万, 龙关幅, 1970
- [3] 河北省地质局区调大队, 中华人民共和国地质图说明书, 1:20 万, 李宁幅, 1972
- [4] 河北省地质局区调大队, 中华人民共和国地质图说明书, 1:20 万, 承德幅, 1975
- [5] 王仁民, 变质岩原岩图解判别法, 地质出版社, 1987
- [6] 刘金钟, 第三届全国构造会议文摘(中册) 晋北孔兹岩系变余韵律及其构造演化, P. 154, 1987
- [7] 李耀霖, 夏毓亮, 陶栓, 应用铀-钍同位素体系演化研究铀矿床的成矿机理, 放射性地质 1983, (3)
- [8] Whitehouse M I. Granulite facies Nd-isotopic homogenisation for Lewisian Complex of Northwest Scotland. Nature,

1988, 331,705

- [9] Faure G. Principle of isotope geology (2nd Edition), New York, 1986
- [10] 孙大中, 翟安民, 中国变质地质图编制与研究论文集第一辑, 地质出版社, 1987.
- [11] 夏毓亮, U-Pb 计时中的一致性图解, 国外地质, 1984(1), 27

C

冀北早前寒武纪基底与古老花岗岩
岩类演化特征及其铀成矿条件研究

原子能出版社出版

(北京 2108 信箱)

中国核科技报告编辑部排版

核科学技术情报研究所印刷

☆

开本 787×1092 1/16·印张 1/2·字数 11 千字

1993 年 5 月北京第一版·1993 年 5 月北京第一次印刷

ISBN 7-5022-0923-9

TL·570

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT



This report is subject to copyright. All rights are reserved. Submission of a report for publication implies the transfer of the exclusive publication right from the author(s) to the publisher. No part of this publication, except abstract, may be reproduced, stored in data banks or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the publisher, China Nuclear Information Centre, and/or Atomic Energy Press. Violations fall under the prosecution act of the Copyright Law of China. The China Nuclear Information Centre and Atomic Energy Press do not accept any responsibility for loss or damage arising from the use of information contained in any of its reports or in any communication about its test or investigations.

ISBN 7-5022-0923-9
TL · 579

P.O.Box 2103
Beijing, China

China Nuclear Information Centre