

# 中国最古老铀矿床成矿年龄及铅同位素示踪 铀成矿省

夏毓亮 韩军

核工业北京地质研究院, 北京 100029

**摘要** 中国发现的最古老铀矿床(点)集中分布在华北地台东部的鞍山地区及辽东地区其他铀矿化点、华北地台中部的中条山地区和华北地台西部的龙首山地区。通过多年来对这些地区所积累的47件晶质铀矿U-Pb同位素数据的整理处理,指出中国最古老铀矿床(矿点)尽管其成矿地域、成矿类型、成矿地质背景不同,但成矿年龄基本相同,在(1800±100)Ma左右成矿,铀成矿作用发生在早前寒武纪末吕梁造山期,而矿床可能主要在燕山运动期受到叠加改造。对华北地台东部诸省200多件方铅矿的铅同位素数据进行铅同位素数据处理:利用H-H模式分别计算了这些矿石铅源区的 $\mu$ 值及Th/U值,并统计了各省区 $\mu$ 值及Th/U值的均方差S和变异系数X;利用Pb构造模式获取不同地区铅的物质来源。文中还报道了特高放射性成因矿石铅的存在地域。矿石铅同位素示踪表明,我国辽东地区应该是很好的潜在铀成矿省。

**关键词** 华北地台; 铀矿床; 成矿年龄; 铅同位素示踪

中图分类号: P597.1; P619.1.14

文献标识码: A

文章编号: 1006-3021(2008)06-752-09

## Uranium Ore-forming Ages of the Oldest Uranium Deposits in China and the Tracing of Uranium Metallogenic Provinces with Lead Isotopes

XIA Yuliang HAN Jun

Beijing Research Institute of Uranium Geology, Beijing 100029

**Abstract** The oldest uranium deposits discovered in China are situated in eastern North China Platform like Anshan - Benxi area of eastern Liaoning Province, central North China Platform like Zhongtiaoshan area, and western North China Platform like Longshoushan area. Researches on 47 ore-forming ages of uranium deposits and more than 200 ore lead isotopic samples in the North China Platform suggest that the oldest uranium deposits in China were all formed about (1800±100) Ma ago in spite of their different ore-forming environments, regional conditions and geological backgrounds. Uranium mineralization occurred in the Luliang orogenic period at the end of Early Precambrian, and the uranium deposits underwent reformation and superimposition during the Yanshanian tectonic movement. Through the calculation of  $\mu$  and Th/U of original lead ore by the H-H model and a statistical analysis of average squared differences (S) and alteration coefficients (X) of  $\mu$  and Th/U in different provinces, the authors obtained both lead isotope composition by the single stage model and that of the region where obvious high anomalous lead isotopes exist. Ore lead isotope tracing suggests that eastern Liaoning area is one of the best potential uranium mineralization provinces.

**Key words** North China Platform; uranium deposit; ore-forming age; lead isotopic tracing

众所周知,前寒武纪不仅是铁、铜、金、镍、钴、铅、锌等矿产,而且也是铀成矿的一个重要成矿时期(沈

保丰等,2003;陈毓川,2006)。特别是中、古元古界之间的不整合关系,代表着地壳演化过程中的重大转

本文由核工业地质局铀矿地质“燕辽铀成矿带铀资源潜力评价及靶区优选”项目(编号:200740)资助。

收稿日期:2008-09-20;改回日期:2008-10-26。责任编辑:刘志强。

第一作者简介:夏毓亮,男,1940年生,教授级高级工程师,博士生导师,主要从事同位素地质年代学及铀矿地质研究;电话:010-64966022;

通讯地址:100029,北京市朝阳区小关东里10号;E-mail:Yuliangxia@sina.com。

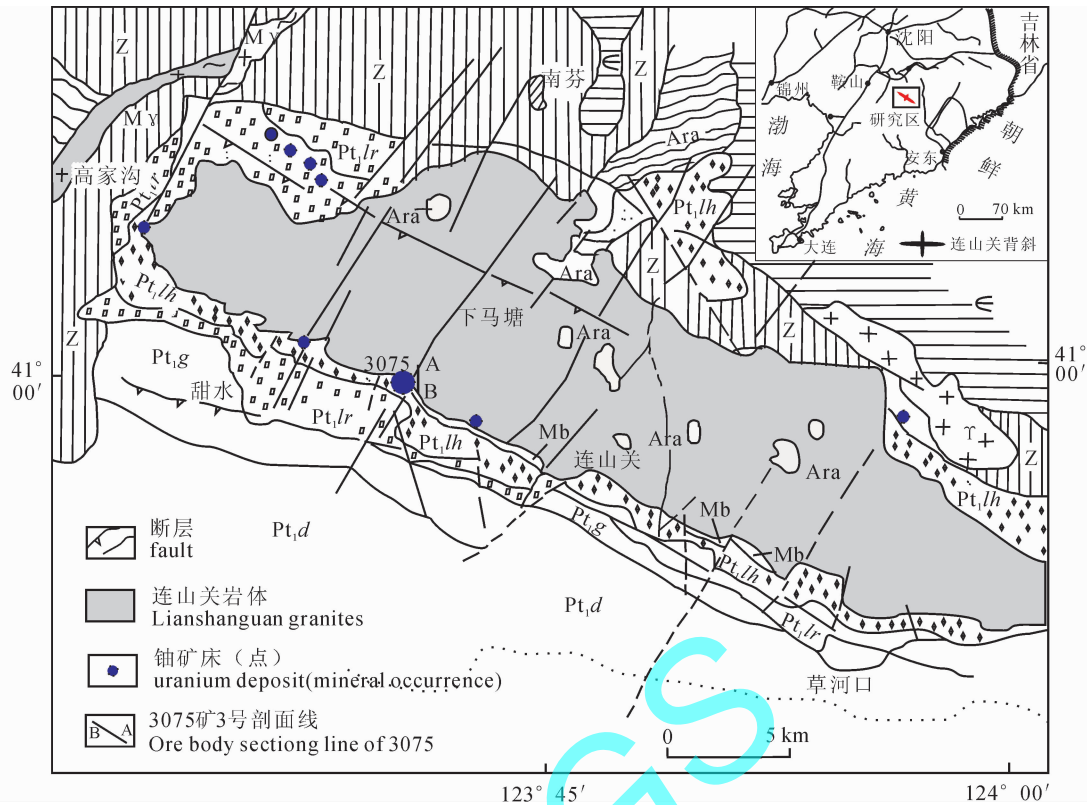


图1 连山关岩体地质图(据241地质大队,1980)

Fig. 1 Geological sketch map of the Lianshanguan Area (modified from No. 241 Geological Party, 1980)

ε-寒武纪;Z-震旦纪;Pt<sub>1</sub>d-大石桥组;Pt<sub>1</sub>g-高家沟组;Pt<sub>1</sub>lr-里尔峪组;Pt<sub>1</sub>lh-浪子山组;Ara-鞍山群;Mb-白色花岗岩;γ-中生代花岗岩  
 ε-Cambrian; Z-Sinian; Pt<sub>1</sub>d-Dashiqiao formation; Pt<sub>1</sub>g-Gaojiagou formation; Pt<sub>1</sub>lr- Li'eryu formation; Pt<sub>1</sub>lh-Langzishan formation;  
 Ara-Anshan group; Mb-white granites; γ-Mesozoic granites

折,即在此以后地球上氧化大气圈开始形成,是活动的造山带向稳定的克拉通转化时期,标志着是岩石、地球化学性能转换时期。这些因素为早前寒武纪地壳中初步积聚的铀元素的活化迁移、富集成矿及铅同位素示踪铀成矿作用提供了极为有利的环境和条件。

### 1 中国最古老铀矿床成矿年龄

目前在中国发现的最古老铀矿床(点)集中分布在华北地台东部的鞍本地区(410 矿床、3075 矿床及辽东地区其他铀矿化点)、华北地台中部的中条山地区(平陆矿床)和华北地台西部的龙首山地区(红石泉矿床)(胡绍康等,1984;夏毓亮等,1987;孙圭等,1998)。

#### 1.1 鞍本地区

鞍本古陆块是我国地壳演化成熟早,成熟度高的地区,2800 Ma 以前就出现钾质花岗岩(铁架山岩体),而后五台运动及吕梁运动形成新的岩浆岩或对老花岗岩类(及老地层)的重融改造(邓晋福等,1999)。该区存在多种不整合面,如古元古代的重

融改造花岗岩与太古或古元古之间、古元古与太古之间、中元古与古元古之间、新元古与中元古之间等,这些不整合界面是不整合面型铀矿成矿的有利场所(王文广,1986)。

连山关热液铀矿化与太古代到古元古代多期重融形成的钾质花岗岩有关,矿化集中在古元古代形成的重融花岗岩体内外接触带,并明显受古元古与太古代地层(或重融花岗岩)不整合面和断裂构造蚀变带控制。典型矿床如 3075 矿床(李万元,1986)(图1,图2)。

控矿因素:①演化时间长、成熟度高的古陆块富铀基底,并多期次(太古代—元古代)重融作用形成复式花岗岩体;②辽河群浪子山组的富铀层位;③近EW向贯通性的深断裂,并与NE向断裂交汇的构造节;④花岗岩与浪子山组接触带;⑤强烈的热液蚀变——碱交代、硅化、黄铁矿化等。

##### 1.1.1 3075 矿床成矿年龄

在 3075 矿床不同部位取 12 件晶质铀矿,其 U-Pb 同位素分析数据见表1。获得U-Pb一致线年龄

表1 3075矿床晶质铀矿 U-Pb 同位素分析结果

Table 1 U-Pb isotope determinations of uraninite from No. 3075 ore deposit

序号	样品号	元素含量 /%			Pb 同位素组成 /%				表观年龄 /Ma			
		U	Th	Pb	<sup>204</sup> Pb	<sup>206</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb	<sup>208</sup> Pb	T <sub>206/238</sub>	T <sub>207/235</sub>	T <sub>207/206</sub>	T <sub>208/232</sub>
1	EF89032	47.72		9.605	0.060	86.866	10.596	2.481	1182	1439	1844	
2	EF89033	69.63	0.03	0.813	0.058	88.041	9.295	2.608	76	148	1559	2276
3	EF89034	51.72		1.591	0.109	83.471	11.644	4.778	185	405	1987	
4	EF89035	61.13	0.01	0.898	0.030	88.182	10.556	1.234	96	217	1883	2414
5	EF89036	64.78	0.03	7.774	0.066	86.325	10.352	3.258	725	1045	1791	
6	EF89037	54.11	0.01	3.576	0.054	88.999	8.523	2.426	423	606	1368	
7	EF89038	71.28	0.01	2.574	0.041	91.417	6.831	1.713	241	311	878	5587
8	LS648	60.91	0.04	7.962	0.110	83.942	10.322	5.629	759	1049	1716	
9	LS664	57.29	0.01	8.715	0.100	84.527	10.531	4.844	883	1180	1774	
10	LS846	59.52	0.01	8.373	0.039	88.282	10.114	1.568	864	1165	1776	
11	LS847	58.72	0.04	5.825	0.039	88.736	9.620	1.607	624	904	1669	7174
12	LS848	66.14	0.02	11.180	0.050	87.058	10.749	2.145	1010	1330	1891	

注:本文所有数据系核工业北京地质研究院同位素地质研究室多年来的积累。

表2 410矿床晶质铀矿 U-Pb 同位素分析结果

Table 2 U-Pb isotope determinations of uraninite from No. 410 ore deposit

序号	样品号	元素含量 /%			Pb 同位素组成 /%				表观年龄 /Ma			
		U	Th	Pb	<sup>204</sup> Pb	<sup>206</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb	<sup>208</sup> Pb	T <sub>206/238</sub>	T <sub>207/235</sub>	T <sub>207/206</sub>	T <sub>208/232</sub>
1	4001-1	50.83	0.12	7.06	0.050	87.89	10.34	1.71	747	1074	1825	
2	4001-2	57.99		8.88	0.034	87.60	10.08	1.91	934	1226	1786	
3	4001-3	56.08		9.21	0.044	87.06	10.46	1.89	992	1294	1843	
4	4001-4	54.62		10.27	0.048	88.41	10.77	2.12	1114	1412	1900	

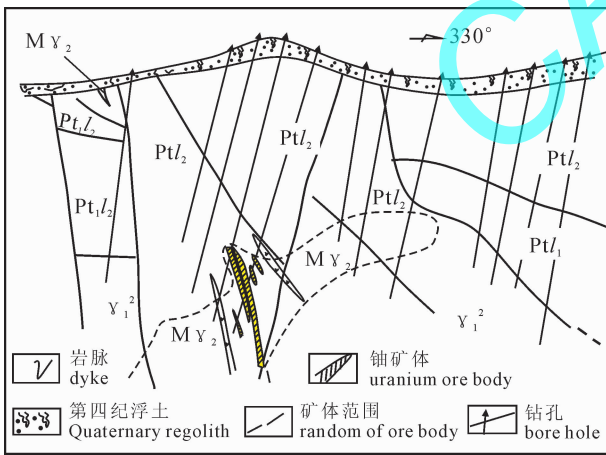


图2 3075矿床3号剖面示意图(据241地质大队,1980)

Fig. 2 Geological section along No.3 exploration line in No. 3075 deposit (modified from No. 241 Geological Party,1980)

PtL<sub>2</sub>-辽河群浪子山组石榴绢云片岩;PtL<sub>1</sub>-辽河群浪子山组石英岩;  
 Y<sub>1</sub><sup>2</sup>-二长花岗岩;MY<sub>2</sub>-混合花岗岩  
 PtL<sub>2</sub>-garnet sericite schist in Langzishan Formation of Liaoh Group;  
 PtL<sub>1</sub>- quartzite in Langzishan Formation of Liaoh Group;Y<sub>1</sub><sup>2</sup>-monzonitic  
 granite;MY<sub>2</sub>-migmatitic granite

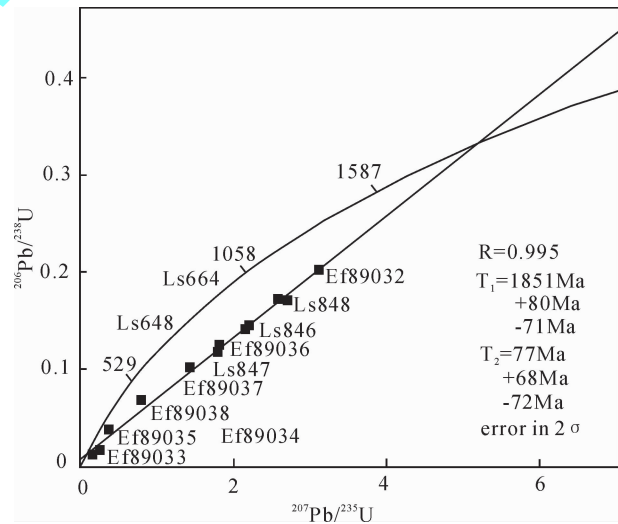


图3 3075矿床晶质铀矿 U-Pb 一致线图

Fig. 3 U-Pb concordia diagram of uraninite from No. 3075 ore deposit

( $\pm 60/72$ ) Ma,可能是改造年龄。

1.1.2 410矿床成矿年龄

在410矿床共取4件样品,晶质铀矿 U-Pb 分析结果见表2。获得 U-Pb 一致线年龄(夏毓亮,1984)(图4),上交点年龄为( $1933 \pm 109/89$ ) Ma,代表成矿年

(图3):上交点年龄为( $1851 \pm 80/71$ ) Ma(年龄值误差均为 $2\sigma$ ,下同)。代表成矿年龄,下交点年龄为(77

表 3 鞍本地区铀矿点晶质铀矿 U-Pb 同位素分析结果  
Table 3 U-Pb isotope determinations of uraninite from the Anshan-Benxi Area

序号	样品号	元素含量/%			Pb 同位素组成/%				表观年龄/Ma			
		U	Th	Pb	<sup>204</sup> Pb	<sup>206</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb	<sup>208</sup> Pb	T <sub>206/238</sub>	T <sub>207/235</sub>	T <sub>207/206</sub>	T <sub>208/232</sub>
1	15006	46.91		11.14	0.021	85.20	10.41	1.152	14	1615	1890	
2	P-6	65.23		4.610	0.157	81.94	10.57	7.320	411	664	1670	
3	K180	56.36	0.041	6.130	0.039	89.45	9.10	1.450	686	921	1536	
4	20249	62.77		7.970	0.008	89.82	9.28	0.890	800	1066	1665	
5	D-1	29.22	29.20	9.926	0.049	62.45	7.45	30.01	1403	1562	1785	2070
6	Y-1	60.71	1.80	14.49	0.028	88.46	10.04	1.474	1409	1566	1784	
7	3-7	72.32		5.154	0.199	82.31	9.71	7.789	409	570	1281	
8	3-6	58.87	0.30	13.90	0.222	78.49	11.79	9.501	1207	1448	1823	
9	Y526	62.77	0.20	6.368	0.256	79.07	12.76	7.910	543	897	1915	
10	PS234	56.51		2.833	0.259	80.50	9.35	9.893	278	360	927	
11	74-5	50.03	0.01	6.250	0.006	90.47	9.34	0.190	796	1070	1685	

表 4 中条山地区铀矿点晶质铀矿 U-Pb 同位素分析结果  
Table 4 U-Pb isotope determinations of uraninite from the Zhongtiaoshan Area

序号	样品号	元素含量/%			Pb 同位素组成/%				表观年龄/Ma			
		U	Th	Pb	<sup>204</sup> Pb	<sup>206</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb	<sup>208</sup> Pb	T <sub>206/238</sub>	T <sub>207/235</sub>	T <sub>207/206</sub>	T <sub>208/232</sub>
1	ZBU1	33.35	3.65	3.917	0.010	88.22	9.11	2.66	732	1004	1655	556
2	ZBU5	34.15	3.65	2.808	0.030	87.20	9.31	3.460	514	785	1660	416
3	ZBU6	22.92	2.38	3.610	0.030	86.97	9.61	3.390	948	1216	1727	790
4	669-11	75.34	1.68	4.659	0.230	79.81	10.06	9.900	343	503	1318	990
5	669-12	6.97		0.031	0.350	75.24	10.17	14.24	224	289	855	
6	Z031	75.07	1.28	3.484	0.040	89.22	8.87	1.870	301	486	1490	216
7	Z188	47.75	0.20	8.340	0.049	87.96	10.17	1.830	1051	1311	1765	1018
8	Z189	56.63	0.14	10.89	0.047	87.85	10.26	1.850	1148	1392	1790	3283
9	Z198	69.50	0.13	8.440	0.111	85.41	10.45	4.030	720	1008	1705	1567

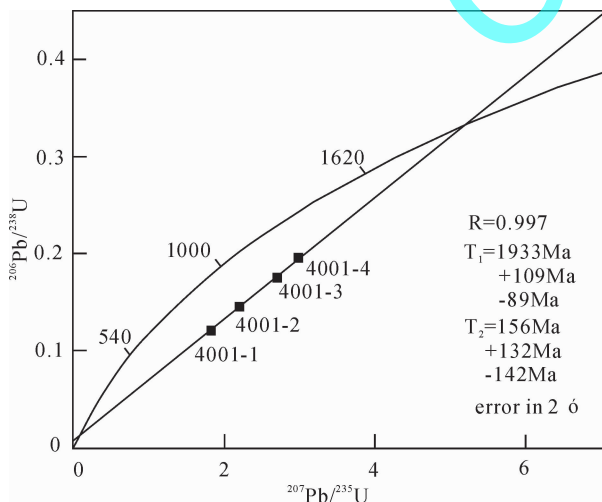


图 4 410 矿床晶质铀矿 U-Pb 一致线图  
Fig. 4 U-Pb concordia diagram of uraninite from No. 410 ore deposit

龄,下交点年龄为(156 ± 132) Ma,可能是改造年龄。

1.1.3 其他铀矿点成矿年龄

鞍本地区还发现许多铀矿化点,所选晶质铀矿

的 U-Pb 同位素分析结果(表 3)也构成一条很好的 U-Pb 不一致线(图 5):上交点年龄为(1876 ± 77) Ma,代表成矿年龄,下交点年龄为(176 ± 108) Ma,可能是改造年龄。

1.2 中条山地区

以平陆矿床为代表(陈平等,1996;孙圭等,1998),位于华北地台南缘豫西断隆西北侧。铀矿化受层位控制,产于中条群篦子沟组白云大理岩与二云母含炭红柱石千枚状板岩接触界面的层间破碎带中,是区域变质作用和深部碱性热液共同作用的结果(图 6)。

9 件晶质铀矿 U-Pb 同位素分析结果见表 4。获得 U-Pb 一致线年龄(图 7):上交点年龄为(1830 ± 33) Ma,代表成矿年龄,下交点年龄为(140 ± 31) Ma,可能是改造年龄。

1.3 龙首山地区

龙首山位于华北地台西南边缘阿拉善台隆南缘,区内出露最老地层为古元古界龙首山群,是该区的褶皱基底,其上覆盖有中元古界墩子沟群和新元

表5 红石泉矿床晶质铀矿 U-Pb 同位素分析结果  
Table 5 U-Pb isotope determinations of uraninite from the Hongshiquan Area

序号	样品号	元素含量 / %			Pb 同位素组成 / %				表观年龄 / Ma			
		U	Th	Pb	<sup>204</sup> Pb	<sup>206</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb	<sup>208</sup> Pb	T <sub>206/238</sub>	T <sub>207/235</sub>	T <sub>207/206</sub>	T <sub>208/232</sub>
1	7911	53.65	4.07	7.229	0.540	65.400	12.360	21.700	544	615	906	557
2	H021	66.04	3.39	5.067	0.183	83.460	8.443	7.000	445	529	909	344
3	HS24	65.55	3.75	7.385	0.198	80.715	9.987	9.120	623	821	1405	874
4	HS338	71.53	4.41	6.788	0.042	88.924	8.160	2.874	599	773	1317	471
5	A7	63.69	3.91	7.042	0.221	80.098	9.933	9.957	604	759	1250	788
6	HS59	65.71	4.16	4.066	0.086	87.956	7.012	4.945	589	452	789	374
7	HS21	58.81	4.17	8.875	0.331	74.810	11.330	13.520	740	927	1402	780
8	HS57	62.20	4.39	3.580	0.117	86.780	7.250	5.860	355	411	737	264
9	H6	64.94	4.59	8.317	0.022	89.010	8.590	2.380	780	1006	1488	647

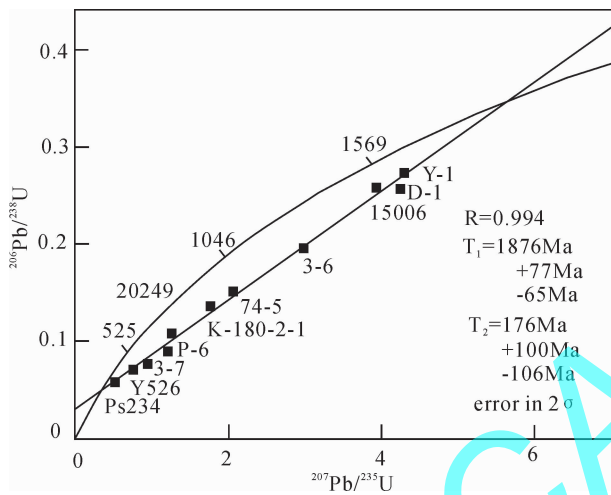


图5 鞍本地区铀矿点晶质铀矿 U-Pb 一致线图  
Fig. 5 U-Pb concordia diagram of uraninite from the Anshan-Benxi Area

古界孩母山群。在龙首山成矿带西段有侵入龙首山群的伟晶状花岗岩，而伟晶状花岗岩基本上是一个铀含量大于0.01%的矿化体，属“岩体型矿化”——红石泉矿床(图8)(杜乐天,1982)。

在红石泉矿床共取9件晶质铀矿样品，其U-Pb分析结果见表5。获得U-Pb一致线年龄(图9)：上交点年龄为： $(1771 \pm 150)_{32}$ ，代表成矿年龄，下交点年龄为 $(326 \pm 46)_{53}$ ，可能是改造年龄。

以上是迄今为止在中国所发现的最古老铀矿床的成矿年龄。显然，中国最古老铀矿床尽管其成矿地域、成矿类型不同，成矿地质背景也不同，但考虑到误差范围，这些古老铀矿床的成矿年龄基本相同，都在 $(1800 \pm 100)$  Ma左右成矿。

## 2 矿石铅 Pb 同位素示踪铀成矿省

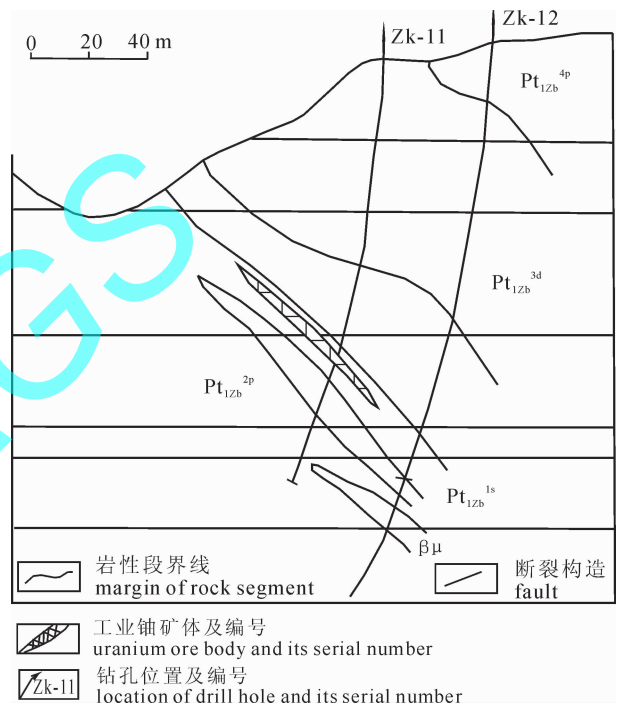


图6 平陆矿床1号勘探线剖面图(孙圭,1998)

Fig. 6 Geological section along No. 1 exploration line in the Pinglu ore deposit (from Sun et al., 1998)

Pt<sub>1Zb</sub><sup>4p</sup>-黑云母石英片岩;Pt<sub>1Zb</sub><sup>3d</sup>-白云母大理岩;Pt<sub>1Zb</sub><sup>1s</sup>-含炭千枚状板岩;Pt<sub>1Zb</sub>-石英岩、变余砂岩;Pt<sub>1Zb</sub><sup>2p</sup>-透闪石大理岩;βμ-辉绿岩  
Pt<sub>1Zb</sub><sup>4p</sup>-biotite quartzite schist; Pt<sub>1Zb</sub><sup>3d</sup>-mica marble; Pt<sub>1Zb</sub><sup>1s</sup>-calciferous phyllite slate; Pt<sub>1Zb</sub>-quartzite, metamorphic relict sand;  
Pt<sub>1Zb</sub><sup>2p</sup>-tremolite marble; βμ-diabase

### 2.1 区域矿石铅 H-H 模式特征

华北地台东部诸省所采集209件方铅矿的铅同位素数据(夏毓亮等,1987;陆松年等,1996;乔广生等,1990;张理刚,1995),这些矿石铅样品大量是取自与古老结晶基底有成因联系的金矿区、铅锌矿区及少量铀矿区。利用H-H模式(福尔,1977)分别计算了

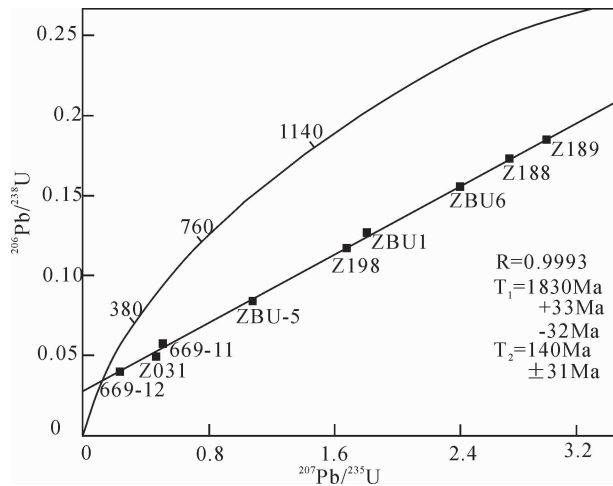


图7 中条山地区铀矿点晶质铀矿 U-Pb 一致线图解  
Fig. 7 U-Pb concordia diagram of uraninite from the Zhongtiaoshan Area

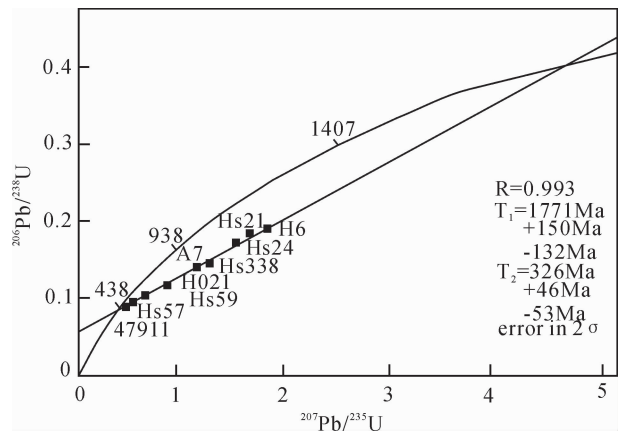


图9 红石泉矿床晶质铀矿 U-Pb 一致线图解  
Fig. 9 U-Pb concordia diagram of uraninite from the Hongshiquan ore deposit

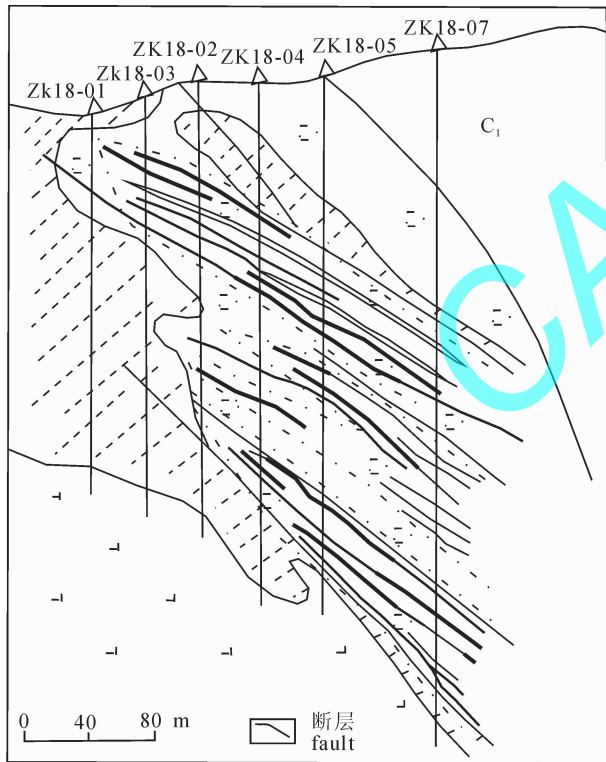


图8 红石泉矿床 18 号勘探线剖面图(据孙圭等,1998)  
Fig. 8 Geological section along No.18 exploration line in the Hongshiquan ore deposit (from Sun et al., 1998)

这些矿石铅源区的  $\mu$  值及 Th/U 值,并统计了各省区  $\mu$  值及 Th/U 值的均方差 S 和变异系数 X(表6)。

由表6可见,辽宁省的  $\mu$  值相对要高,达 9.58;

表6 华北地台东部矿石铅源区  $\mu$  值及 Th/U 值统计结果  
Table 6 Statistics of  $\mu$  values and Th/U ratios of lead ores from the East China Platform

地区	样品数/个	$\mu$	$S_{\mu}$	$X_{\mu}$	Th/U	$S_{Th/U}$	$X_{Th/U}$
辽宁省	88	9.58	0.89	9.30%	3.67	0.34	9.21%
吉林省	45	9.73	0.23	2.51%	3.75	0.29	7.66%
冀东	16	9.09	0.26	2.83%	3.72	0.08	2.04%
山西省	14	9.12	0.19	2.07	3.87	0.26	0.73%
山东省	46	9.29	0.27	2.96%	4.01	0.16	3.87%

表7 产于早前寒武纪岩石中的矿石铅构造模式特征  
Table 7 Characteristics of tectonic model of lead produced in Early Pre-Cambrian

地区	样品数/件	铅构造模式特征	H-H 模式	
			$\mu$ 值	Th/U
辽东地区	18	主要上地壳来源	9.87	3.70
辽西地区	12	下地壳和幔源的混合	9.11	3.85
浑江地区	31	主要是地幔与造山带的混合	9.42	3.59
冀北地区	26	下地壳与造山带的混合	9.35	4.20

均方差最高,为 0.89;其变异系数也最大,达 9.30%; Th/U 值最低,为 3.67。说明辽宁省基地岩石演化程度高,U-Pb、U-Th 分异程度高,结晶基地是相对富铀的,应是寻找铀矿最有利的省区。这与该区古老地体的同位素年代测定结果相一致,都表明辽东地区地壳演化起步相对较早、演化程度相对较高。

### 2.2 区域矿石铅构造模式特征

把各地区矿石铅按 Zarteman 构造模式进行图解(Zartman et al., 1981)(图10),也可以推断华北地台不同地区地壳的演化程度,解释结果列入表7。可以看到,只有辽东地区是来自于上地壳的铅,上地壳是富铀的,对铀成矿有利。辽西、冀北以及胶东地

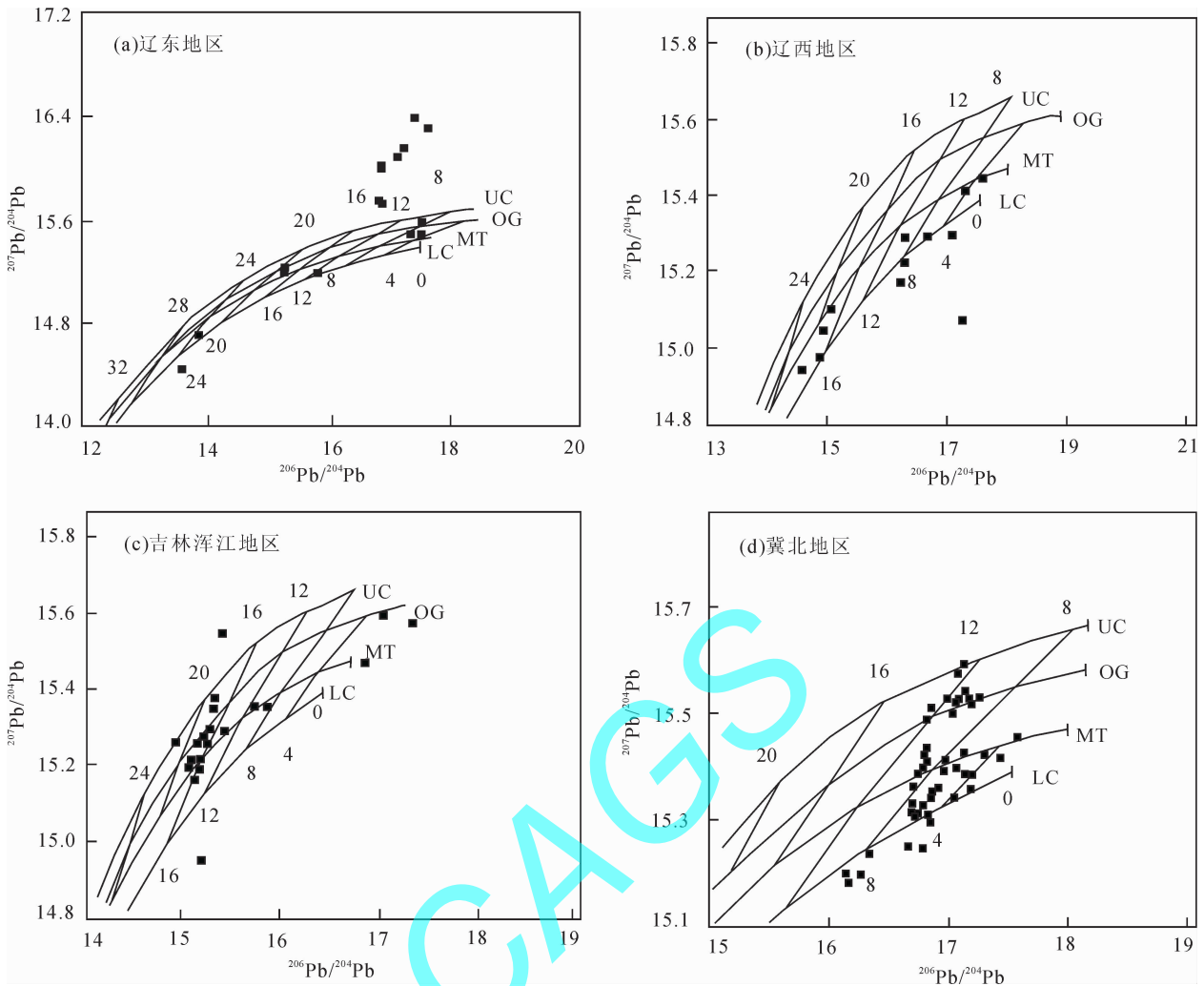


图 10 华北地台东部方铅矿构造模式图

Fig. 10 Tectonic model of lead isotope of galena from the East China Platform

表 8 连山关地区方铅矿的 Pb 同位素组成

Table 8 Pb isotopic composition of galena from the Lianshanguan Area

样品号	样品名称	产出部位	Pb 同位素组成		
			$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
LPb1	方铅矿	3075 矿床 9-6 孔 193m	550.845	87.115	36.716
LPb2	方铅矿	256 矿点	53.122	19.746	39.382
LPb3	方铅矿	玄岭后铀矿区	43.248	20.655	41.141
L256	方铅矿	256 矿点	28.554	19.194	41.262
连 256	方铅矿	256 矿点	28.563	19.199	41.272
206-1	方铅矿	祁家堡子花岗岩蚀变带	22.583	16.324	41.511
206-2	方铅矿	连山关岩体南侧接触带	23.178	16.490	42.458
215-1	方铅矿	盖县组片岩接触带	20.930	16.026	40.291
祁 1	方铅矿	铅锌矿区	20.885	16.028	40.517

区都有下地壳铅的混入,而下地壳贫铀,对铀成矿显然不利。

2.3 高放射成因异常铅

连山关地区不同地段方铅矿的铅同位素数据

(表 8),令人感到惊奇的是这些方铅矿都不同程度地具有放射性成因铅高的特征。在正常铅演化情况下,  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  值不会超过 19。

矿石铅的 Pb 同位素组成是判别铀成矿省的重

要标志。早在1958年在第二届和平利用原子能国际会议上美国学者坎农等曾首次提出利用非放射性矿物(方铅矿、黄铁矿等)中的放射性成因铅可以作为放射性矿产存在的标志(夏毓亮,1982)。坎农肯定地指出:“一个普查工作者即使找到一块含铀型铅的方铅矿、黄铁矿或者类似的非放射性矿物的标本,那么他已有一半的可能是站在一个铀矿床的附近了。这个样品的组成与正常铅偏离越远,这个可能性就越大。如果他找到一系列的铀型铅,那他找到铀矿的机会就增加到百分之一百。”

就全国范围而言,多年来我们只在辽宁省连山关地区发现了非常高的异常铅同位素组成。9个方铅矿的Pb同位素组成,其 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 20.885 \sim 550.845$ ,显示出极高的放射性成因铅特征,这些高放射性成因铅均产在连山关多次重融型花岗岩体的内外接触带中。在该区除了已发现的铀矿床值得进一步扩大勘查外,也预示着其他地段也存在着古老铀矿床或铀矿化的存在,值得引起重视。

此外,20世纪70年代笔者曾对连山关地区混合花岗岩、辽河群底部浪子山组石英岩、片岩及鞍山群含铁石英岩、角闪片岩进行过全岩样品的铅同位素组成研究,发现该区这些岩类都普遍具有很高的异常岩石铅同位素组成,指出大范围岩石 $^{206}\text{Pb}$ 异常的出现预示着这些岩石成岩时在U、Pb关系上相对富铀的特点,这可能是鞍山一本溪地区早前寒武地体演化程度高,对铀成矿有利的重要标志。

因此,不论从矿石铅的Pb同位素组成单阶段模式特征,还是从矿石铅构造模式以及异常矿石铅考虑,辽东地区应该是很好的潜在铀成矿省。

### 3 结论

(1) 目前掌握的华北地台及其邻区47件晶质铀矿测年资料表明,中国最古老铀矿床尽管其成矿地域、成矿类型不同,成矿地质背景也不同,但成矿年龄基本相同,都在 $(1800 \pm 100)$  Ma左右成矿,铀成矿作用都发生在早前寒武纪末吕梁造山期,而矿床可能主要在燕山运动期受到叠加改造。

在矿床类型上属层位控制型和断裂控制型,矿化主产于元古宙结晶基底云母石英片岩、炭质片岩、石英岩以及伟晶状花岗岩中。

(2) 高放射性成因的矿石铅均产辽东地区,主要产在连山关重融花岗岩体的内外接触带中。在该区除了已发现的铀矿床值得进一步扩大勘查外,也预示着其他地段也应引起重视。

(3) 不论从矿石铅的Pb同位素组成单阶段模式特征、异常铅的存在,还是从矿石铅构造模式考虑,辽东地区应该是很好的潜在铀成矿省。

### 参考文献

- 陈平,陈俊明. 1996. 山西主要成矿区带成矿系裂主成矿模式[M]. 太原:山西科学技术出版社,89~143.
- 陈毓川主编. 2006. 中国主要成矿区带矿产资源远景评价[M]. 北京:地质出版社,132~524.
- 邓晋福,吴宗絮,赵国春,赵海玲,罗照华,莫宣学. 1999. 华北地台前寒武纪花岗岩类、陆壳演化与克拉通形成[J]. 岩石学报,1(2):190~198.
- 杜乐天. 1982. 我国花岗岩型铀矿的主要地质规律及成矿模式[C]. 花岗岩型铀矿论文集,北京:原子能出版社,122~301.
- 福尔. 1977. 同位素地质学原理[M]. 潘曙兰,乔广生译,北京:科学出版社,181~193.
- 胡绍康,黄净白,邸军恒. 1984. 华北地台太古代基底演化特征及其与国外主要产铀古地台的对比[J]. 铀矿地质,1:3~9.
- 李万元. 1986. 3075矿床富矿体形成条件[J]. 东北铀矿地质,2:12~31.
- 陆松年,杨春亮,蒋明媚. 1996. 前寒武纪大陆地壳演化示踪[M]. 北京:地质出版社,1~156.
- 乔广生,翟明国,严月华. 1990. 鞍山地区太古代岩石同位素地质年代学研究[J]. 地质科学,2:158~165.
- 沈保丰,翟安民,陈文明. 2003. 前寒武纪成矿作用[R]. 专题研究报告,北京:地震出版社,2~237.
- 孙圭,赵致. 1998. 中国北西部铀矿地质(上、下卷)[M],西安:核工业西北地质局编印.
- 王文广. 1986. 华北地台东部早远古代区域铀矿成矿特点及远景预测[R]. 华北地台会议论文,内部资料,23~139.
- 夏毓亮. 1982. 铅同位素方法寻找铀矿[M]. 北京:原子能出版社,1~42.
- 夏毓亮. 1984. 铀-铅计时中的一致性图解[J]. 外国地质,1:27~35.
- 夏毓亮,郑懋公,陶铨. 1987. 华北地台东部下前寒武系及其铀矿化的同位素地质学研究[R]. 内部科研报告,北京:核工业北京地质研究院,2~248.
- 张理刚. 1995. 东亚岩石圈块体地质—上地幔、基底和花岗岩同位素地球化学及其动力学[M]. 北京:科学出版社,10~73,206~226.

### References

- CHEN Ping, CHEN Junming. 1996. Main Mineralization Model of Metallogenic Province in Shanxi Province[M]. Taiyuan: Shanxi Science Press, 89~143 (in Chinese with abstract).
- CHEN Yuchuan, et al. 2006. Metallogenic and Geological Setting of Ore Deposits in China[M]. Beijing: Geology Press, 132~524 (in Chinese with abstract).
- DENG Jinfu, WU Jiaxu, ZHAO Guochun, ZHAO Hailing, LUO Zhao-hua, MO Xuanxue. 1999. Precambrian granitic rocks, continental crustal evolution and craton formation of the North China Platform



- [J]. *Acta Petrol. Sin.*, 15(2): 190 ~ 198 (in Chinese with abstract).
- DU Letian. 1982. Key Geological Regularity and Metallogenic Model of Grano-Uranium in China [C]. Collection of Thesis of Grano-Uranium deposit. Beijing: Atomic Energy Press, 122 ~ 301 (in Chinese).
- FAURE G. 1977. Principles of Isotope Geology [M]. Translate by Pan Shulan, Qiao Guangsheng, Beijing: Science Press, 181 ~ 193.
- HU Shaokang, HUANG Jingbai, DI Junheng. 1984. Characteristic of basement evolution in Northern of China and its comparison to foreign uranium platform [J]. *Uranium Geology*, 1: 3 ~ 9 (in Chinese).
- LI Wanyuan. 1986. Condition of rich uranium ore body formation of 3075 deposit [J]. *Journal of Northeast Uranium Geology*, 2: 12 ~ 31 (in Chinese).
- LU Songnian, YANG Chunliang, JIANG Mingmei. 1996. Precambrian Continental Crust Evolution and Tracing [M]. Beijing: Geology Press, 1 ~ 156 (in Chinese with abstract).
- QIAO Guangsheng, ZHAI Mingguo, YAN Yuehua. 1990. Study of isotopic geochronology for the archean rocks from Anshan area [J]. *Scientia Geologica Sinica*, 2: 158 ~ 165 (in Chinese with abstract).
- SHEN Baofeng, ZHAI Anmin, CHEN Wenming. 2003. Precambrian mineralization [R]. Seminar Report, Beijing: Seismic Press, 2 ~ 237 (in Chinese with abstract).
- SUN Gui, ZHAO Zhi. 1998. Uranium deposit in Northwestern of China (Volum I and II) [M]. Xi'an: Bureau of Uranium Geology Industry of Northwest China (in Chinese with abstract).
- WANG Wenguang. 1986. Prospect and Characteristic of Early Proterozoic Uranium Metallogenic in Eastern of North China Platform [R]. Thesis of Conference of North China Platform, unpublished materials, 23 ~ 139 (in Chinese).
- XIA Yuliang. 1982. Lead Isotopic Method in Uranium Deposit Exploration [M]. Beijing: Atomic Energy Press, 1 ~ 42 (in Chinese).
- XIA Yuliang. 1984. Concordia Diagram in U-Pb Dating [J]. *Foreign Geology*, 1: 27 ~ 35 (in Chinese).
- XIA Yuliang, ZHENG Maogong, TAO Quan. 1987. Early Precambrian Uranium Metallogenic and Isotopic Geology Research in Northern of China [R]. Research Report, Beijing: Beijing Research Institute of Uranium Geology, 2 ~ 248 (in Chinese).
- ZARTMAN R E, DOE H R. 1981. Plumbotectonics-the model [J]. *Tectonophysics*, 75: 135 ~ 182.
- ZHANG Ligang. 1995. Block-Geology of Easter Asia Lithosphere-Isotopic Geochemistry and Dynamic of Upper Mantle, Basement and Granite [M]. Beijing: Science Press, 10 ~ 73, 206 ~ 226 (in Chinese with abstract).