

# 松辽盆地北部存在前寒武纪基底的证据

章凤奇<sup>1,2</sup> 陈汉林<sup>1</sup> 董传万<sup>1</sup> 余 星<sup>1</sup>  
肖 骏<sup>1</sup> 庞彦明<sup>2</sup> 曹瑞成<sup>2</sup> 朱德丰<sup>2</sup>

(1. 浙江大学地球科学系, 浙江 杭州 310027; 2. 大庆油田有限责任公司勘探开发研究院, 黑龙江 大庆 163712)

**提要:** 目前对松辽盆地是否存在前寒武纪结晶基底的认知存在分歧。笔者对松辽盆地北部早白垩世火山岩中锆石 SHRIMP 定年研究过程中, 在多个样品中发现了古老锆石, 其年龄表明这些锆石主要形成于前寒武纪, 并且认为它们可能来源于盆地北部深层的基底岩石, 是火山喷发过程中捕获的。锆石年龄大致可分为 3 组:  $(1848 \pm 34)$  Ma、 $(1600 \pm 29)$  Ma 和  $(1293 \pm 41)$  Ma, 指示了盆地基底在古元古代和中元古代期间经历的多次构造-岩浆作用事件, 由此认为松辽盆地北部存在前寒武纪基底。

**关键词:** 松辽盆地; 捕获锆石; SHRIMP U-Pb 定年; 前寒武纪基底

**中图分类号:** P534.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2008)03-0421-08

松辽盆地位于中国的东北地区, 面积达 26 万  $\text{km}^2$ , 是中国东部大型的中-新生代含油气沉积盆地之一。盆地西侧为大兴安岭, 北、东侧为小兴安岭和张广才岭, 南侧与华北克拉通毗邻。厘定松辽盆地基底性质和时代对认识盆地形成演化与恢复东北亚大地构造演化历史具有十分重要的意义。虽然近些年对盆地基底的研究获得了一些重要的认识<sup>[1-6]</sup>, 但对盆地基底依然还缺乏一个统一的整体性认识。有些学者认为松辽盆地不存在前寒武纪结晶基底, 其依据是对基底少量岩心样品的同位素定年未获得老于古生代的年龄<sup>[1]</sup>, 而另一部分学者<sup>[7-10]</sup>则认为存在前寒武纪结晶基底, 理由主要是盆地基底的重、磁、电性质与前寒武纪基底相似, 值得关注的是最近基底岩石同位素测年工作证实了盆地南部存在前寒武纪结晶基底<sup>[3, 6]</sup>。笔者对松辽盆地北部早白垩世火山岩开展 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年研究过程中, 在多个样品中发现了捕获的古老锆石, 年龄显示它们主要形成于前寒武纪, 笔者认为, 这对认识松辽盆地北部基底的性质和组成具有重要的意义。

## 1 样品来源与特征

测年样品采自松辽盆地北部徐家围子断陷的营城组火山岩(图 1-a)。徐家围子断陷是盆地深部构造层中的次一级构造单元, 断陷长轴近南北向延伸, 面积约 5350  $\text{km}^2$ , 受两条北北西走向主断层的控制, 形成西部以断层为界、东部为地层超覆的箕状断陷构造格局(图 1-b)。断陷发育期历经晚侏罗世至早白垩世, 地层自下而上依次为火石岭组( $J_3hs$ ), 沙河子组( $K_1sh$ ), 营城组( $K_1yc$ ), 登娄库组( $K_1d$ ), 其各自典型的岩性特征见表 1, 其中火山岩主要分布在火石岭组和营城组。

近年来随着油田勘探开发的不断深入, 在徐家围子断陷的营城组火山岩储层中发现了大量的天然气资源, 为了精细研究火山岩储层的发育特征和高效开发天然气资源, 油田开展了大量的钻井取心工作, 获得了丰富的火山岩岩心资料。已有的研究<sup>[11, 12]</sup>表明徐家围子断陷营城组火山岩主要是一套以酸性喷出岩为主的中酸性火山岩组合, 其主体喷发形成

收稿日期: 2007-12-10; 改回日期: 2008-01-20

基金项目: 中国博士后科学基金面上项目(20070421162)资助。

作者简介: 章凤奇, 男, 1978 年生, 博士, 现为浙江大学地质学专业企业博士后, 主要从事火山岩岩石学和构造地质方面的研究;

E-mail: fengqiz@gmail.com。

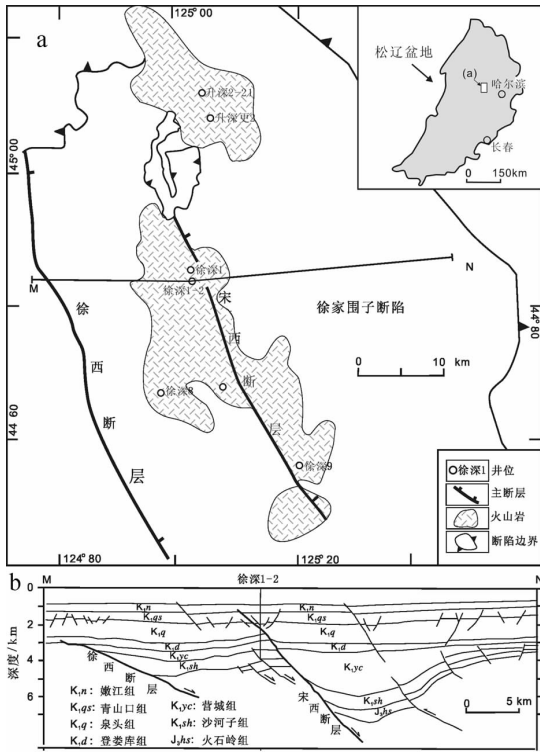


图1 松辽盆地北部徐家围子断陷地质简图  
Fig.1 Geological sketch map of the Xujiaweizi fault depression in the northern Songliao basin

的时间为 111~113 Ma,时代上位于早白垩世晚期阿普第阶(Aptian)和阿尔布阶(Albian)的分界线附近。5 件获得捕获锆石的测年样品分别来自徐深 1-2、升深更 2 和升深 2-21 三口井,井位见图 1-a,样品各自详细的岩石学特征如下:

样品 Z7:取自徐深 1-2 井,深度 3 680 m,灰白色流纹岩。显微镜下呈显微花岗结构、梳状结构(图 2-a),局部发育球粒结构(图 2-b),可见石英斑晶,0.5~2 mm,含量<5%,零星分布。气孔构造、流纹构造明显,气孔中见有方解石充填。

样品 Z24:取自升深 2-21 井,深度 2 965.70 m,灰白色霏细岩。显微镜下呈霏细结构,发育少量的球粒,斑晶少见,局部有碳酸盐化现象。

样品 Z15:取自徐深 1-2 井,深度 3 530.22 m,灰白色熔结凝灰岩。显微镜下,塑变凝灰结构(图 2-c)。晶屑以石英和长石为主,含量均为 15%左右,粒径 0.5~2 mm。石英表面多发育不规则裂纹,受熔蚀呈港湾状(图 2-c)。长石主要为条纹长石,表面泥化严重,具有卡氏双晶。发育较多的浆屑,压扁拉长现象明显,含量占 8%。晶屑和浆屑之间由火山灰充填。可见典型的假流纹构造(图 2-d)。

表 1 松辽盆地北部断陷区晚侏罗世—早白垩世地层简表  
Table 1 Summary of Late Jurassic–Early Cretaceous strata in a fault-depression of the northern Songliao basin

地层层序		标志性岩性
K <sub>1q</sub>	二段	暗紫红色、紫褐色泥岩夹灰绿色砂岩
	一段	灰白、紫灰色砂岩与暗紫红色、暗褐色泥岩互层
K <sub>1d</sub>	四段	灰褐色、灰黑色砂质泥岩与浅灰绿、灰白色和紫灰色砂岩
	三段	灰白色块状细-中砂岩与灰褐、灰黑色砂质泥岩互层
	二段	灰黑色砂质泥岩为主,灰与白色厚层细砂岩呈不等厚互层
	一段	杂色砾岩,顶部夹砂岩
K <sub>1</sub>	四段	灰黑色、紫褐色砂泥岩,绿灰、灰白色砂砾岩
	三段	以酸性喷出岩为主的中-酸性火山岩组合,常见类型灰白色、肉红色流纹岩、球粒流纹岩、熔结凝灰岩、灰黑色玄武岩,灰绿色安山玄武岩和安山岩等
	二段	灰黑色砂泥岩、绿灰和杂色砂砾岩,有时夹数层煤
	一段	以酸性火山岩为主,常见类型有流纹岩、紫红色、灰白色凝灰岩
K <sub>1sh</sub>	上段	砂泥岩,局部地区见有兰灰、黄绿色酸性凝灰岩
	下段	砂泥岩夹煤层
J <sub>3</sub>	二段	上部安山岩夹碎屑岩,下部安山玄武岩、玄武岩
	一段	粗碎屑岩夹凝灰岩

注:据参考文献[13]修改。

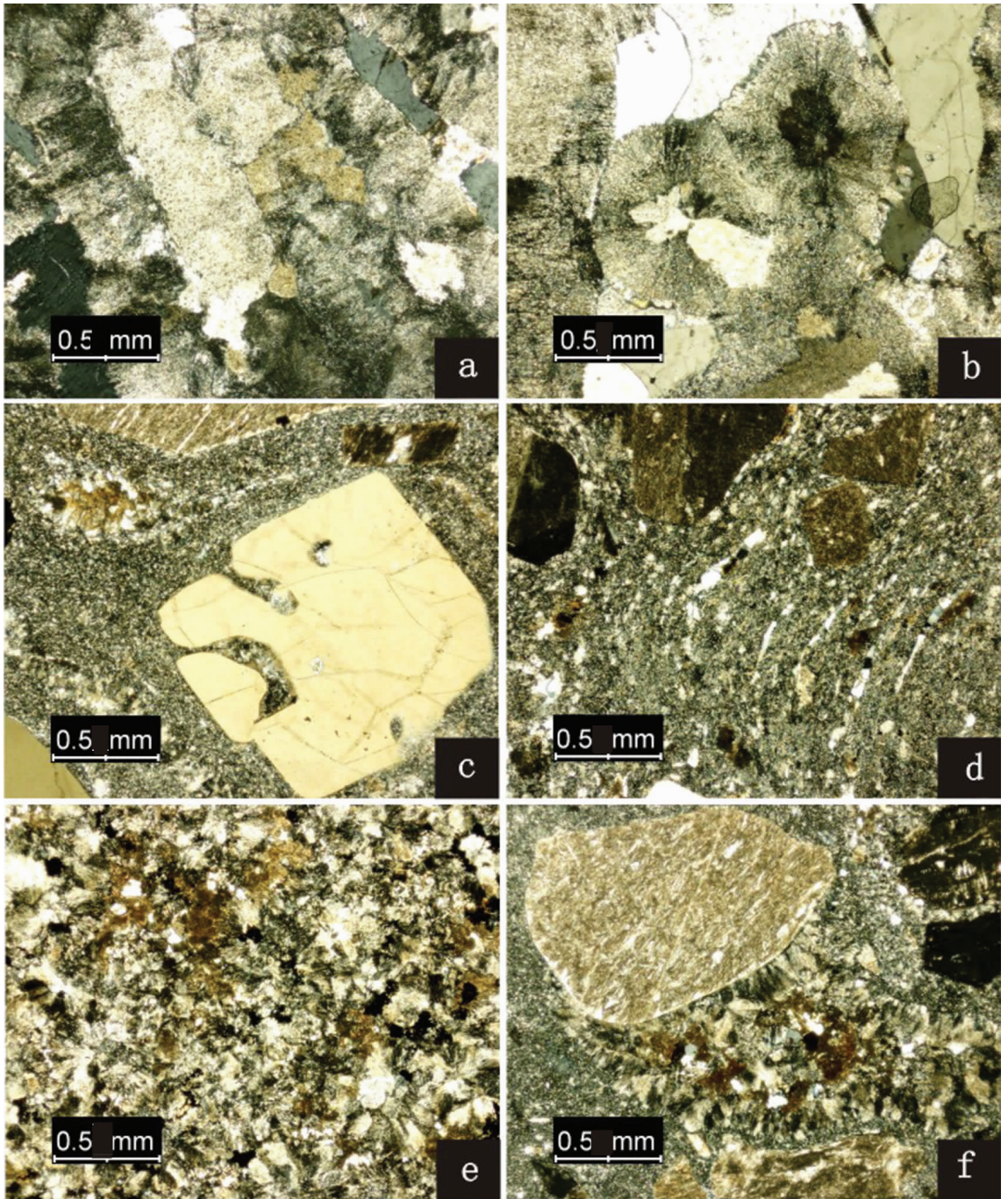


图 2 松辽盆地北部早白垩世火山岩岩石学特征(正交偏光镜下)

a—流纹岩,显微花岗结构,梳状结构;b—流纹岩,球粒结构;c—熔结凝灰岩,塑变凝灰结构;  
d—熔结凝灰岩,假流纹构造;e—流纹岩,球粒结构;f—熔结凝灰岩,塑变凝灰结构

Fig. 2 Petrological characteristics of the Early Cretaceous volcanic rocks in the northern Songliao basin (crossed polarized light)

a—rhyolite, micro-granite texture and comb-like texture; b—rhyolite, spherulitic texture; c—welded tuff, plastic deforming tuffaceous texture; d—welded tuff, fluidal structure; e—rhyolite, spherulitic texture; f—welded tuff, plastic deforming tuffaceous texture

样品 Z29:取自升深更 2 井,深度 3 530.22 m,肉红色球粒流纹岩。显微镜下呈球粒结构(图 2-e),球粒直径 $<0.2$  mm,偶见具有卡氏双晶的条纹长石斑晶。

样品 Z10:取自徐深 1-2 井,深度 3 568.24 m,灰白色熔结凝灰岩。塑变凝灰结构(图 2-f),长石晶屑粒径 0.3~1.5 mm,含量约占 15%,石英晶屑粒径 0.5~2 mm,含量约占 10%,含塑性变形的浆屑,可见少量灰白色流纹岩角砾,晶屑间由火山灰充填。可见假流纹构造。

## 2 锆石 SHRIMP 年龄

### 2.1 分析方法

锆石分选采用人工重砂分选,首先通过淘洗和使用重液等物理方法分离锆石,然后在双目镜下精选、剔除杂质。锆石样品在北京离子探针中心完成制靶,详细制靶程序参见文献<sup>[14]</sup>。然后,在光学显微镜对样品进行反射光和透射光照相和在扫描电子显微镜下拍摄阴极发光照片,综合分析锆石晶体的形态、结构特征,以保证 SHRIMP 测点的最佳部位,阴极发光显微照相在中国地质科学院矿产地质研究所电子探针室完成。最后,用超声波在去离子水中清洗约 10 分钟后,渡金膜,待上机测年。锆石 U-Th-Pb 分析在北京离子探针中心 SHRIMP II 上完成。在分析过程中,采用跳峰扫描记录  $Zr_2O^+$ 、 $^{204}Pb^+$ 、背景值、

$^{206}Pb^+$ 、 $^{207}Pb^+$ 、 $^{208}Pb^+$ 、 $U^+$ 、 $ThO^+$ 和  $UO^+$ 等 9 个离子束峰值,每 5 次扫描记录一次平均值,一次离子为 4.5 nA,10 kV 的  $O^{2-}$ ,离子束直径为 25~30  $\mu m$ ,质量分辨率约 5400(1%峰高),详细分析原理和流程见参考文献<sup>[14-16]</sup>。实验采用标准 SL13 (年龄 572 Ma,U 含量 238  $\mu g/g$ )标定样品的 U、Th 及 Pb 含量,用标样 TEM(年龄 417 Ma)进行元素间分馏校正,用实测的  $^{204}Pb$  进行普通铅校正。数据处理采用 SQUID1.0 和 ISOPLOT 程序<sup>[17,18]</sup>。

### 2.2 分析结果

从早白垩世火山岩样品中获得的锆石主要有两类,一类是早白垩世岩浆作用自生成因锆石,自形、具有清晰的震荡环带结构或具有扇形分区<sup>[11,12]</sup>,另一类是捕获的锆石,形态、结构多样。本次分析获得的 5 颗捕获锆石,粒度大小不一,介于 60~120  $\mu m$ 。从阴极发光图像(图 3)来看,锆石形态结构各异,呈短柱状(图 3-a~c)或不规则粒状(图 3-d);晶体自形程度不一,有的较自形(图 3-b、图 3-e),有的则具有一定的磨圆(图 3-a、图 3-c);锆石内部有的可见显著的核边结构(图 3-a、图 3-b)或者岩浆震荡环带结构(图 3-e),但也有的呈均匀吸收(图 3-c)。上述锆石特征反映了锆石来源的多样性以及形成以后可能经历了复杂的地质作用过程。

对 5 颗捕获锆石共进行了 7 个点的分析(表 2)。

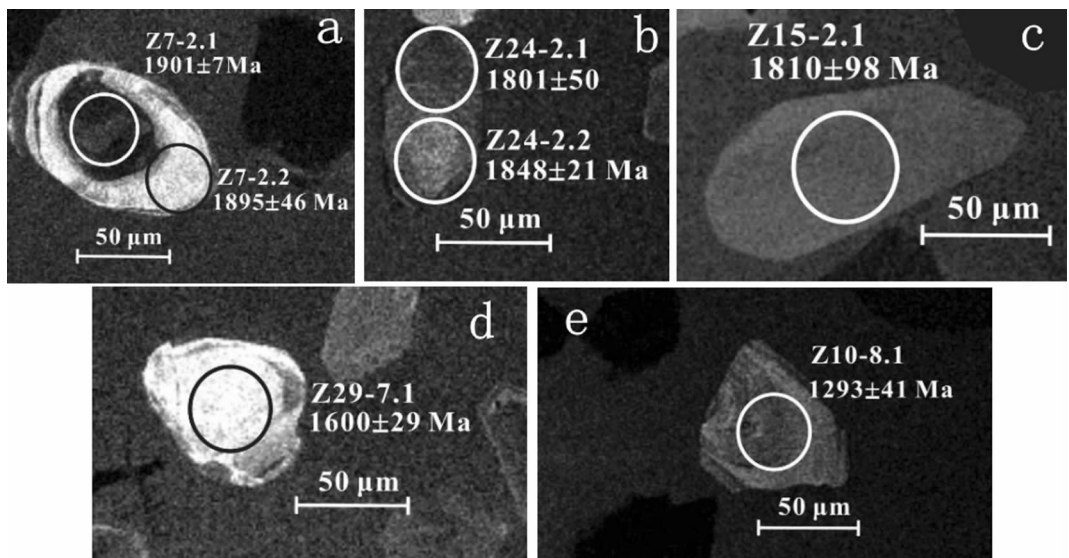


图 3 松辽盆地北部早白垩世火山岩锆石的 CL 图像

Fig. 3 CL images for captured zircons from the Early Cretaceous volcanic rocks in the northern Songliao basin

表 2 松辽盆地北部早白垩世火山岩捕获锆石 SHRIMP U-Pb 定年分析结果  
Table 2 Analytical result of SHRIMP U-Pb dating for captured zircons from the Early Cretaceous volcanic rocks in the northern Songliao Basin

测点	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$\text{Th}/^{232}\text{U}$	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$	$\pm\%$	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$	$\pm\%$	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	$\pm\%$	年龄/Ma	
	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$										$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$
Z24-2.1	1.27	68	64	0.97	19.8	0.1101	2.7	5.08	3.1	0.3343	1.4	1859±23	1801±50
Z10-8.1	0.37	121	91	0.78	20.4	0.0840	2.1	2.274	2.4	0.1963	1.1	1155±12	1293±41
Z24-2.2	0.08	105	90	0.88	29.8	0.1130	1.2	5.14	2.1	0.3300	1.7	1838±27	1848±21
Z15-2.1	1.77	20	36	1.90	5.49	0.1106	5.4	4.87	6.0	0.3194	2.5	1787±39	1810±98

Error in Standard calibration was 0.35 % (not included in above errors but required when comparing data from different mounts)

Z7-2.1	0.04	666	14	0.02	193	0.11637	0.38	5.413	0.49	0.3374	0.31	1874.0±5.0	1901.2±6.8
Z29-7.1	0.47	96	63	0.68	23.8	0.0987	1.6	3.899	1.8	0.2865	0.85	1624±12	1600±29
Z7-2.2	2.11	106	5	0.05	25.3	0.1159	2.5	4.36	2.7	0.2728	0.76	1555±11	1895±46

注:误差为  $1\sigma$ ;  $\text{Pb}_c$  为普通铅含量,  $\text{Pb}^*$  为放射性成因铅含量;用实例  $^{204}\text{Pb}$  校正普通铅。

样品 Z7 获得的捕获锆石的两个测点显示了很低的 Th/U 比值(0.02~0.05), 指示其具有变质成因特点, 其余 4 颗锆石的分析点都具有较高 Th/U 比值 (0.68~1.90), 反映了这些锆石基本上是岩浆成因的特点<sup>[19]</sup>。从锆石  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄与  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  年龄谐和图(图 4)可以看出, 除了测点 Z7-2.2 外, 其他 6

个测点均落在谐和线附近, 反映锆石同位素体系基本上是封闭的, 其年龄反应了原岩的形成时代。而测点 Z7-2.2 的偏离可能是在后期地质事件中发生了  $^{206}\text{Pb}$  的丢失造成的。 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  年龄较大的 4 个测点, 获得了一个较好的谐和年龄为(1848±34) Ma, 可能反映了发生在古元古代时期一次较强烈的构

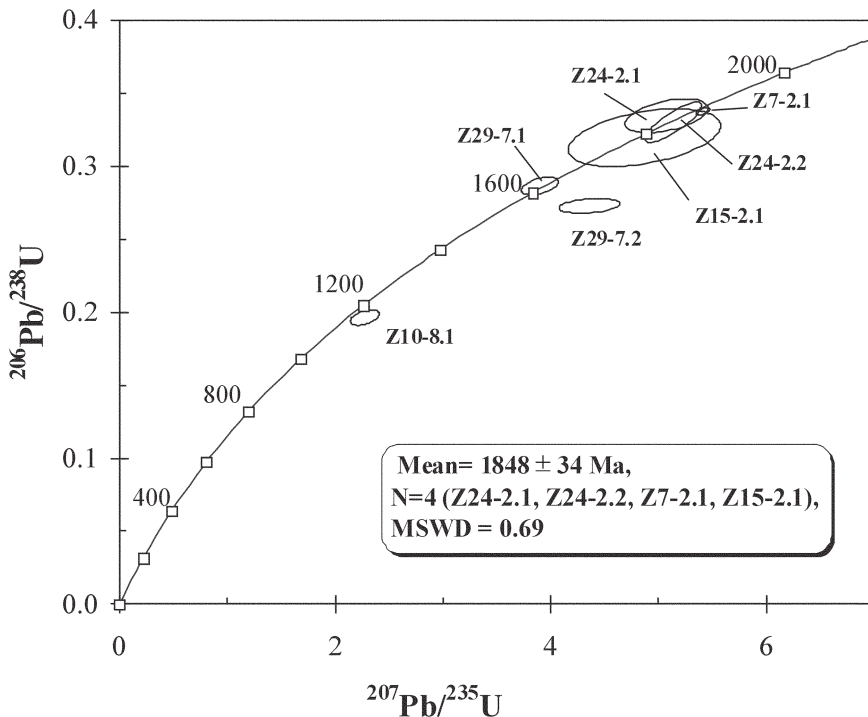


图 4 松辽盆地北部早白垩世火山岩锆石 SHRIMP U-Pb 谐和图

Fig. 4 SHRIMP U-Pb concordia diagram for captured zircons from the Early Cretaceous volcanic rocks in the northern Songliao basin

造-岩浆事件,而另外两颗锆石较小的  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  年龄则反映了中元古代时期发生的两次岩浆事件。综合上述分析,认为捕获锆石的  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  年龄大体上可以划分为 3 组:(1848±34) Ma、(1600±29) Ma 和 (1293±41) Ma。

### 3 讨论与结论

厘定松辽盆地基底的性质和时代对认识东北亚大地构造演化历史具有重要意义<sup>[20]</sup>。近些年对钻井获取的基底花岗岩和变质岩岩心开展了同位素测年工作,获得了一些重要的认识,但对基底岩石组成和形成时代的研究仍然十分有限,尤其是在盆地是否存在前寒武纪结晶基底的问题上还存在分歧。Wu et al.<sup>[1]</sup>和吴福元等<sup>[2]</sup>通过对松辽盆地中北部基底的两件花岗岩样品锆石 U-Pb 定年表明,其形成时代分别为(305±2) Ma 和(165±2) Ma,高福红等<sup>[3]</sup>、王光兴等<sup>[4]</sup>对松辽盆地南部基底火成岩的锆石 U-Pb 定年也表明岩浆作用时间为晚泥盆世(368~361 Ma)、早石炭世(319 Ma),中三叠世(236~331 Ma)和中侏罗世(164 Ma),上述研究均未获得老于古生代的同位素年龄,由此笔者认为松辽盆地可能不存在寒武纪结晶基底。而最近王颖等<sup>[5]</sup>和裴福萍等<sup>[6]</sup>相继报道了松辽盆地南部基底的 3 个火成岩同位素年龄(1839±7)Ma、(1873±7) Ma、(1808±7) Ma,而且从石英片岩(原岩为沉积岩)获得了多组古老碎屑锆石的谐和年龄<sup>[6]</sup>为(696±13) Ma、(1384±62) Ma、(1649±36) Ma、(1778±18) Ma、(2450±9) Ma、(2579±10) Ma、(2793±4) Ma 和 (2953±14) Ma,这不仅证实松辽盆地南部存在前寒武纪结晶基底,而且表明盆地基底在元古宙期间经历过多次的构造-岩浆作用事件。

松辽盆地北部徐家围子断陷中广泛发育一套中-酸性喷出岩组合,笔者对该火山岩中的 5 颗捕获锆石开展了 SHRIMP U-Pb 定年,结果表明它们都形成于古元古代和中元古代, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  年龄上大致可以划分为 3 组:(1848±34) Ma、(1600±29) Ma 和(1293±41) Ma。这 3 组年龄所反映的岩浆事件与松辽盆地南部已经证实的岩浆作用事件具有一定的可比性,因此这些古老的前寒武纪锆石很可能是早白垩世岩浆上升至地表喷发过程中从盆地基底岩石中捕获的。尽管目前在松辽盆地北部还未直接获得前寒武纪结晶基底岩石的同位素年龄证据,但是依

据笔者获得的年龄信息,结合松辽盆地南部取得的认识<sup>[3,6]</sup>,可以推测松辽盆地北部徐家围子断陷附近可能也存在前寒武纪基底。值得注意的是,松辽盆地所在的松辽地块<sup>[7]</sup>,经历了晚古生代与东北亚其他中、小陆块的聚敛拼合以及中生代期间与华北板块、西伯利亚板块之间碰撞拼贴等构造事件<sup>[20]</sup>,其基底普遍受到了加里东期、海西期和印支等多期次岩浆作用事件的改造<sup>[1,2,4-6]</sup>,目前松辽盆地深部基底岩石的多个同位素年龄充分证实这一点<sup>[1-6]</sup>。所以笔者认为松辽盆地前寒武纪基底并不像通常稳定克拉通地块可以大面积存在,而很可能是与多期古生代-晚中生代早期岩浆岩体并置共存的格局。要全面揭示松辽盆地基底岩石的组成和时代,不仅需要对该盆地基底岩石开展同位素年代学分析,而且还需要进行地球物理探测<sup>[21-23]</sup>等多学科技术的综合研究。综合分析,认为松辽盆地的基底应是一个由前寒武纪结晶岩系与多期古生代-晚中生代早期岩浆岩构成的复合型基底。

**致谢:**大庆油田有限责任公司为本文研究提供了宝贵的岩心样品,北京 SHRIMP 离子探针中心的简平研究员、闫全人研究员、陶华工程师等在锆石测试分析过程中给予了指导和帮助,宋彪研究员在本文数据的处理和解释方面给予了热情的指导,浙江大学地球科学系博士生林秀斌和孟立丰等参与了部分样品的处理和测试工作,此外审稿人对本文年龄数据的解释提出宝贵的修改意见,在此对以上单位和个人表示衷心的感谢!

### 参考文献(References):

- [1] Wu F Y, Sun D Y, Li H M, et al. The nature of basement beneath the Songliao Basin in NE China: geochemical and isotopic constraints [J]. *Phys. Chem. Earth (A)*, 2001, 26(9-10): 793-803.
- [2] 高福红, 许文良, 杨德彬, 等. 松辽盆地南部基底花岗岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年: 对盆地基底形成时代的制约[J]. *中国科学(D 辑)*, 2007, 37(3): 331-335.  
Gao Fuhong, Xu Wenliang, Yang Debing, et al. Zircon dating on the granitoid rocks from the basement of the southern Songliao Basin: Constrants on the forming time of the basement [J]. *Science in China (Series D)*, 2007, 37(3): 331-335(in Chinese).
- [3] 王颖, 张福勤, 张大伟, 等. 松辽盆地南部变闪长岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义 [J]. *科学通报*, 2006, 51 (15): 1811-1816.  
Wang Ying, Zhang Fuqin, Zhang Dawei, et al. Zircon SHRIMP U-Pb age of the metamorphic diorite in the south of Songliao

- Basin and its geological implication [J]. Chinese Science Bulletin, 2006, 51(15): 1811-1816(in Chinese).
- [4] 王兴光, 王颖. 松辽盆地南部北带基底岩浆岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 地质科技情报, 2007, 26(1): 23-27.  
Wang Xingguang, Wang Ying. Zircon SHRIMP U-Pb dating of igneous rocks from the basement of north belt of the south Songliao Basin and its geological significance [J]. Geological Science and Technology Information, 2007, 26 (1):23-27 (in Chinese with English abstract).
- [5] 吴福元, 孙德有, 李惠民, 等. 松辽盆地基底岩石的锆石 U-Pb 年龄[J]. 科学通报, 2000, 45(6):656-660.  
Wu Fuyuan, Sun Deyou, Li Huimin, et al. Zircon U-Pb ages for the basement rocks of the Songliao Basin [J]. Chinese Science Bulletin, 2000, 45(6): 656-660(in Chinese).
- [6] 裴福萍, 许文良, 杨德彬. 松辽盆地基底变质岩中锆石 U-Pb 年代学及其地质意义[J]. 科学通报, 2006, 51(24):2881-2887.  
Pei Fuping, Xu Wenliang, Yang Debing. Zircon U -Pb geochronology for metamorphic rocks from basement of the Songliao Basin and its geological implication [J]. Chinese Science Bulletin, 2006, 51(24): 2881-2887(in Chinese).
- [7] 汪筱林, 刘立, 刘招君. 满洲里-绥芬河地学断面域内中生代裂谷盆地的构造-沉积演化[C]//M-SGT 地质课题组编. 中国满洲里-绥芬河地学断面域内岩石圈结构及其演化的地质研究. 北京:地震出版社, 1994:26-37.  
Wang Xiaolin, Liu Li, Liu Zhaojun. Structural and sedimentary evolution of the Mesozoic-Cenozoic rifted basin in the area crossed by M-S GGT[C]// Geological Research Group of M-SGGT (ed.). The Geological Study on Lithosphere Structure and Its Evolution in the Area Crossed by M-S GGT. Beijing:Seismological Press, 1994: 26-37 (in Chinese with English abstract).
- [8] 杨惠心, 李朋武, 禹惠民. 中国东北地区主要地体古地磁学研究 [J]. 长春科技大学学报, 1998, 28: 203-205.  
Yang Huixin, Li Pengwu, Yu Huimin. Paleomagnetism study on the main blocks in Northeast China [J]. Journal of Changchun Science and Technology University, 1998, 28:203-205 (in Chinese with English abstract).
- [9] 谢鸣谦. 拼贴板块构造及其驱动机理——中国东北及邻区的大地构造演化[M]. 北京:科学出版社, 2000: 34-38.  
Xie Mingqian. Matching Plate Tectonics and Its Driving Mechanism——The Tectonic Evolution in Northeast China and Its Adjacent Region [M]. Beijing:Science Press, 2000:34-38 (in Chinese with English abstract).
- [10] 迟元林, 云金表, 蒙启安, 等. 松辽盆地深部结构及成盆动力学与油气聚集[M]. 北京:石油工业出版社, 2002: 39-69.  
Chi Yuanlin, Yun Jinbiao, Meng Qi'an, et al. Deep Structure and Forming Geodynamics of the Songliao Basin, and Its Relation to Petroleum Gathering[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2002: 39-69(in Chinese with English abstract).
- [11] 章凤奇, 庞彦明, 杨树锋, 等. 松辽盆地北部断陷区营城组火山岩锆石 SHRIMP 年代学、地球化学及其意义 [J]. 地质学报, 2007, 81(9):1248-1258.  
Zhang Fengqi, Pang Yanming, Yang Shufeng, et al. Geochronology of zircon SHRIMP, geochemistry and its implication of the volcanic rocks from Yingcheng Formation in depression area, the northern Songliao Basin [J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81(9):1248-1258(in Chinese with English abstract).
- [12] 章凤奇, 陈汉林, 董传万, 等. 松辽盆地北部火山岩锆石 SHRIMP 年代学与营城组时代探讨 [J]. 地层学杂志, 2008, 32 (1):5-22.  
Zhang Fengqi, Chen Hanlin, Dong Chuanwan, et al. Zircon SHRIMP geochronology of the volcanic rocks and discussion on the geological time of the Yingcheng Formation, north of Songliao Basin [J]. Journal of Stratigraphy, 2008, 32 (1):15-22 (in Chinese with English abstract).
- [13] 蒙启安. 松辽盆地徐家围子地区晚中生代火山岩岩相及储层意义[D]. 杭州:浙江大学博士学位论文, 2006.  
Meng Qi'an. Late Mesozoic volcanic facies and its reservoir significance [D]. Hangzhou:Zhejiang University, 2006(in Chinese with English abstract).
- [14] 宋彪, 张玉海, 万渝生. 锆石 SHRIMP 样品靶制作、年龄测定及有关现象讨论[J]. 地质论评, 2002, 48(增刊): 26-30.  
Song Biao, Zhang Yuhai, Wan Yusheng. Target performing and dating on zircon SHRIMP sample and discussion on its related phenomenon [J]. Geological Review, 2002, 48 (supp.):26-30(in Chinese with English abstract).
- [15] Compston W, Williams I S, Kirschvink J L, et al. Zircon U-Pb ages for the early Cambrian time-scale [J]. Journal of Geological Society of London, 1992, 149:171-184.
- [16] Williams I S. U-Th-Pb geochronology by ion microprobe[C]// Mickibben M A, Shanks III W C, Ridley W I (eds.). Applications of micro analytical techniques to understanding mineralizing Processes[J]. Reviews Economic Geology, 1998, 7:1-5.
- [17] Ludwig K R. Using Isoplot/EX Version 2: a geochronological Toolkit for Microsoft Excel [J]. Berkeley Geochronological Center Special Publication, 1999, 1:1-47.
- [18] Ludwig K R. Squid 1.02:A user manual [J]. Berkeley Geochronological Center Special Publication, 2001, (2):1-19.
- [19] 吴元保, 郑永飞. 锆石成因矿物学研究及其对 U-Pb 年龄解释的制约[J]. 科学通报, 2004, 49(16):1589-1604.  
Wu Yuanbao, Zheng Yongfei. Study on zircon minerageny and its constraints on the interpretation of U-Pb ages [J]. Chinese Science Bulletin, 2004, 49(16):1589-1604(in Chinese).
- [20] 李双林, 欧阳致远. 兴蒙造山带及邻区的构造格局与构造演化 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 1998, 18(3):45-54.  
Li Shuanglin, Ouyang Zhiyuan. Tectonic framework and evolution of Xing'anling Mongolian orogenic belt and its adjacent region [J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 1998, 18 (3):45-54(in Chinese with English abstract).
- [21] 杨宝俊, 刘财, 刘万崧, 等. 中国东北地区岩石圈结构的地质学特征与对矿产资源的动力控制作用 [J]. 中国地质, 2006, 33(4):

866–873.

Yang Baojun, Liu Cai, Liu Wansong, et al. Seismological features of the lithospheric structure in Northeast China and dynamic controls on mineral resources [J]. *Geology in China*, 2006, 33(4): 866–873(in Chinese with English abstract).

[22] 张兴洲, 杨宝俊, 吴福元, 等. 中国兴蒙—吉黑地区岩石圈结构基本特征[J]. *中国地质*, 2006, 33(4): 805–805.

Zhang Xingzhou, Yang Baojun, Wu Fuyuan, et al. The lithosphere structure in the Hingmong–Jihei (Hinggan–Mongolia–Jilin–

Heilongjiang) region, northeastern China [J]. *Geology in China*, 2006, 33(4): 805–805(in Chinese with English abstract).

[23] 刘国兴, 张志厚, 韩江涛, 等. 兴蒙、吉黑地区岩石圈电性结构特征[J]. *中国地质*, 2006, 33(4): 806–831.

Liu Guoxing, Zhang Zhihou, Han Jiangtao, et al. Features of the electric structure of the lithosphere beneath the Hinggan–Inner Mongolia and Jilin–Heilongjiang regions [J]. *Geology in China*, 2006, 33(4): 806–831(in Chinese with English abstract).

## Evidence for the existence of Precambrian Basement under the northern Songliao basin

ZHANG Feng–qi<sup>1,2</sup>, CHEN Han–lin<sup>1</sup>, DONG Chuan–wan<sup>1</sup>, YU Xing<sup>1</sup>,  
XIAO Jun<sup>1</sup>, PANG Yan–ming<sup>2</sup>, CAO Rui–cheng<sup>2</sup>, ZHU De–feng<sup>2</sup>

(1. *Department of Earth Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310027, Zhejiang, China;*

2. *Exploration and Development Research Institute, Daqing Oil–field Co. Ltd., Daqing 163712, Heilongjiang, China)*

**Abstract:** Divergent views exist as to whether the Precambrian basement under the Songliao basin exists or not. Older zircons were discovered in a number of samples during the SHRIMP zircon dating of Early Cretaceous volcanic rocks in the northern Songliao basin, and their ages indicate that they mainly formed in the Precambrian. It is suggested that they were probably captured from the basement rocks during Early Cretaceous volcanic eruption. Three age groups have been broadly distinguished for the captured zircons: (1848±34) Ma, (1600±29) Ma and (1293±41) Ma, which implies that the basement of the northern Songliao basin experienced multiple tectono–magmatic events during the Paleo– and Mesoproterozoic. Therefore, it is believed that the Precambrian basement exists under the northern Songliao basin.

**Key words:** Songliao basin; captured zircon; SHRIMP U–Pb dating; Precambrian basement

**About the first author:** ZHANG Feng–qi, male, born in 1978, postdoctoral researcher, mainly engages in the study of petrology of volcanic rocks and structural geology; E–mail: fengqiz@gmail.com.