



## 松辽盆地北部三叠纪重要火山-岩浆事件 ——对晚古生代地层时限的约束

张海华, 张 健, 陈树旺, 郑月娟, 苏 飞, 卞雄飞, 黄 欣, 李晓海, 张德军, 孙 雷

中国地质调查局 沈阳地质调查中心, 辽宁 沈阳 110034

**摘 要:** 对松辽盆地北部黑富地 3 井所钻遇的侵入岩进行同位素 U-Pb 年代学分析, 以探讨其形成期次和构造演化特征, 并对所侵入的地层进行时代约束。测试分析结果显示, 锆石  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄的加权平均值为  $245.5 \pm 1.9$  Ma, 表明侵入岩的结晶年龄为早中三叠世, 指示松辽盆地北部发育早中三叠世岩浆热事件。同时存在两组捕获的锆石年龄, 一组介于 269~295 Ma, 年龄的加权平均值为  $289.0 \pm 6$  Ma; 另一组为 313~353 Ma, 年龄的加权平均值为  $338.0 \pm 3$  Ma。捕获的锆石年龄指示松辽盆地北部基底或深部至少还经历了石炭纪和早—中二叠世等火山活动及岩浆侵位等事件。导致岩浆热事件的构造机制应与古亚洲洋的碰撞拼合及碰撞后的伸展体制有关。脉岩的结晶侵位年龄限制了地层的沉积时代上限, 即碎屑岩地层是在  $245.5 \pm 1.9$  Ma 之前固结成岩。综合其他地质依据, 证明碎屑岩层系为晚二叠世林西组。

**关键词:** 松辽盆地; 闪长玢岩; 锆石 U-Pb 年龄; 早中三叠世; 岩浆事件

## SIGNIFICANT TRIASSIC VOLCANIC-MAGMATIC EVENT IN THE NORTHERN SONGLIAO BASIN: Constraints on the Late Paleozoic Stratigraphic Timing

ZHANG Hai-hua, ZHANG Jian, CHEN Shu-wang, ZHENG Yue-juan, SU Fei, BIAN Xiong-fei,  
HUANG Xin, LI Xiao-hai, ZHANG De-jun, SUN Lei  
Shenyang Center of China Geological Survey, Shenyang 110034, China

**Abstract:** The isotopic U-Pb chronology of intrusive rocks in HFD-3 well in northern Songliao Basin is analyzed to study the formation age and tectonic evolution and determine the timing of invaded strata. The results show that the weighted average of zircon  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  age is  $245.5 \pm 1.9$  Ma, which reflects the crystallization age of intrusive rock is Early-Middle Triassic, indicating the development of Early-Middle Triassic magmatic thermal event in northern Songliao Basin. There are also two groups of zircon ages: 269–295 Ma and 313–353 Ma, with the weighted averages of  $289.0 \pm 6$  Ma and  $338.0 \pm 3$  Ma respectively, indicating the basement or deep part of northern Songliao Basin underwent at least once Carboniferous and Early-Middle Permian volcanic activity and magma emplacement event. The tectonic mechanism leading to the magmatic thermal event should be related to the collision and post-collision extension of Paleo-Asian Ocean. The crystallization emplacement age of dike constrains the upper limit of sedimentary age of strata; that means, the clastic formation was consolidated before  $245.5 \pm 1.9$  Ma. Combined with other geological evidence, it is proved that the clastic rocks belong to the Late Permian Linxi Formation.

**Key words:** Songliao Basin; diorite porphyrite; zircon U-Pb age; Early-Middle Triassic; magmatic event

收稿日期: 2021-03-10; 修回日期: 2021-04-10. 编辑: 张哲.

基金项目: 中国地质调查局项目“松辽盆地北部及外围石炭-二叠系油气地质调查”(编号 DD20190097).

作者简介: 张海华(1986—), 男, 硕士, 主要从事岩石学、大地构造学研究工作, 通信地址 辽宁省沈阳市皇姑区黄河大街 280 号, E-mail//zhanghaihua311@163.com

## 0 前言

松辽盆地位于中国东北地区,北与西伯利亚板块相邻,南部与华北板块相接,是一个构造演化的叠合区域.自晚古生代起,松辽盆地可能经历了多期次、多方向的板片俯冲及火山-岩浆事件等复杂的构造演化影响.与白垩系基础地质研究相比,盆地前中生代地层、岩浆事件、构造演化及盆地基底的研究明显薄弱,同时松辽盆地覆盖严重,基岩较少出露(图1),这给盆地内火山-岩浆事件的研究带来较大的困难,也致使以往晚古生代以来的岩浆作用及构造演化的调查工作多集中于松辽盆地的外围露头区,针对松辽盆地内的研究和调查十分薄弱和缺乏.

松辽盆地是大型的含油气盆地,富含石油及天然气等沉积矿产.在以往的油气勘探中,松辽盆地主要的勘探目的层为白垩系,在经历了多年的勘探开发后,如今已经进入了寻找新的油气藏和盆地深层系油气资源的阶段.近年来松辽盆地及外围石炭系—二叠系油气基础地质调查工作表明,松辽盆地上二叠统具有良好的油气资源前景,松辽盆地四深1井见多层石炭系—二叠系天然气显示,肇深8井营城组所产天然气来源于石炭系—二叠系<sup>[1]</sup>,松辽盆地深层系石炭系—二叠系见丰富的油气资源<sup>[2-3]</sup>.但关于二叠系地层的确认,在盆地内大多只是依据局部钻孔的古生物化石以及岩石组合和地层对比<sup>[4]</sup>,而基于岩浆岩、碎屑岩同位素年代学的研究鲜有报道,对于地质条件和构造演化复杂的大型盆地而言,地层时代的研究缺乏精确的同位素年代学证据.

近年来,中国地质调查局沈阳地质调查中心在松辽盆地北部开展了石炭系—二叠系油气地质调查工作,进行了地质调查井钻探,对所取岩心进行了系统的描述和取样分析.本文旨在对松辽盆地北部黑富地3井井段侵入到碎屑岩中的脉岩样品进行同位素锆石U-Pb年代学分析,结合区域已有的研究成果,确定侵入岩的时代,探讨侵入岩的期次及构造演化特征,同时对碎屑岩地层进行时代约束,以期为松辽盆地基础地质研究及油气资源调查提供基础资料.

## 1 区域地质概况

研究区位于松辽盆地北部齐齐哈尔市富裕县.松辽盆地处于西伯利亚板块、华北板块和太平洋板块挟

持的构造复合部位,动力学背景十分复杂,基底由上古生界石炭系—二叠系和不同期次的花岗岩组成(图1).盆地面积约 $26 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,是中国油气资源最为丰富的大型陆相含油气盆地.松辽盆地在三叠纪—早侏罗世时期,地幔物质大量上涌引起地壳隆起,盆地整体呈现上升隆起状态;中侏罗世至早白垩世早期,盆地中部区域莫霍面隆起使地幔作用进一步加剧,形成大规模的拉张,并产生以北北东向为主的张性构造带,同时伴随火山喷发,盆地进入断陷发育阶段;早白垩世晚期至晚白垩世嫩江期,大范围张性断裂发育使地壳塌陷,形成统一的湖盆,在青山口组至嫩江组时期,达到最大湖泛期,盆地进入了陆内拗陷发育阶段;晚白垩世嫩江组沉积之后,喜马拉雅运动时期地壳加剧抬升,受挤压构造作用盆地开始隆升,湖盆逐渐收缩,盆地进入了褶皱萎缩期<sup>[5-6]</sup>.

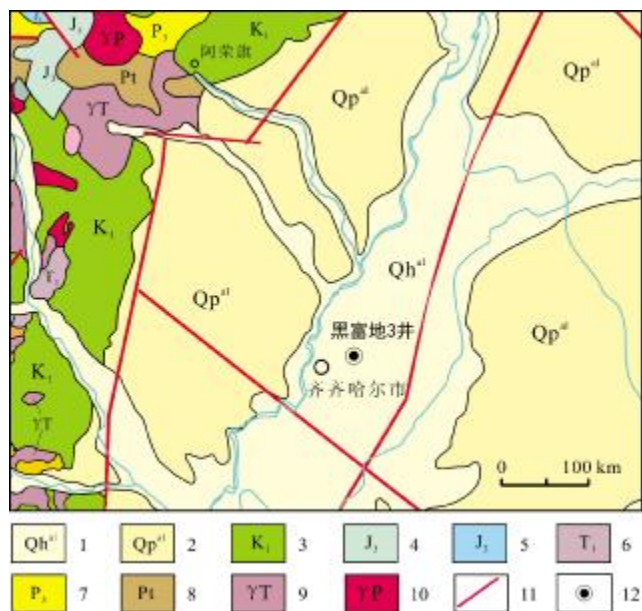


图1 研究区地质略图

Fig. 1 Geological sketch map of the study area

1—全新统冲积层 (Holocene alluvium); 2—更新统冲积层 (Pleistocene alluvium); 3—下白垩统 (Lower Cretaceous); 4—上侏罗统 (Upper Jurassic); 5—中侏罗统 (Middle Jurassic); 6—下三叠统 (Lower Triassic); 7—上二叠统 (Upper Permian); 8—古元古界 (Paleoproterozoic); 9—三叠纪花岗岩 (Triassic granite); 10—二叠纪花岗岩 (Permian granite); 11—断裂 (fault); 12—黑富地3井 (HFD-3 well)

研究区实施的黑富地3井位于松辽盆地北部的富裕构造带(图2).前人研究表明,研究区基底为石炭系—二叠系,盖层主要发育有下白垩统的火石岭组

( $K_1h$ )、沙河子组( $K_1sh$ )、营城组( $K_1yc$ )、登娄库组( $K_1d$ )、泉头组( $K_1q$ ),上白垩统青山口组( $K_2qn$ )、姚家组( $K_2y$ )、嫩江组( $K_2n$ )、四方台组( $K_2s$ )、明水组( $K_2m$ ),古近系(E)和新近系(N)<sup>[7]</sup>.

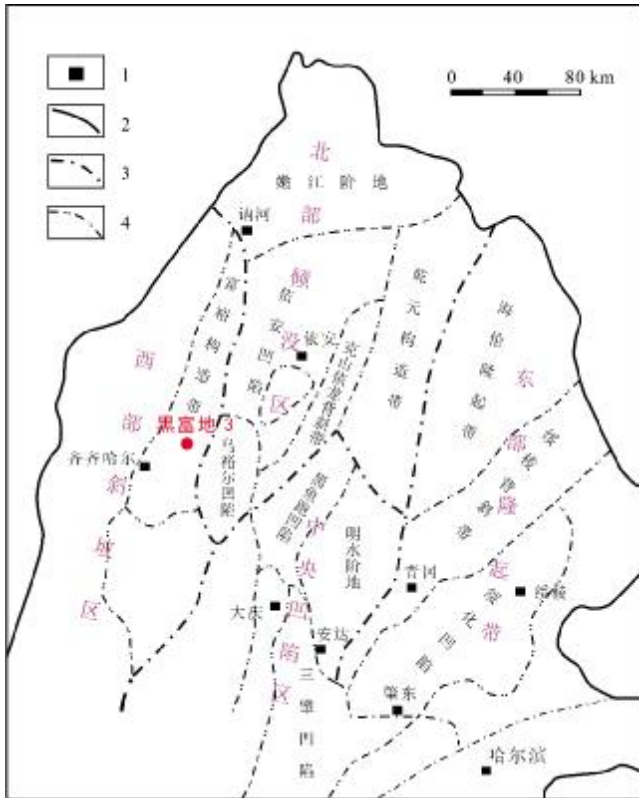


图2 松辽盆地北部地区构造单元划分图  
(据文献[8]修编)

Fig. 2 Tectonic division of northern Songliao Basin  
(Modified from Reference [8])

1—城市 (city); 2—盆地边界 (basin boundary); 3—一级构造分界线 (boundary of first-order tectonic unit); 4—二级构造分界线 (boundary of second-order tectonic unit)

黑富地3井揭示的地层自上而下为第四系(0~210 m)、明水组(210~495 m)、四方台组(495~550 m)、嫩江组(550~910 m)、姚家组(910~1010 m)、青山口组(1010~1190 m)、泉头组(1190~1342 m)、林西组(1342~2749 m). 该井脉岩发育,主要为灰色二长斑岩和灰褐色闪长玢岩. 本次研究样品为侵入到林西组碎屑岩中的闪长玢岩(图3),对其进行同位素年代学分析.

## 2 样品特征与分析方法

侵入岩锆石测年样品采自黑富地3井2712.7 m

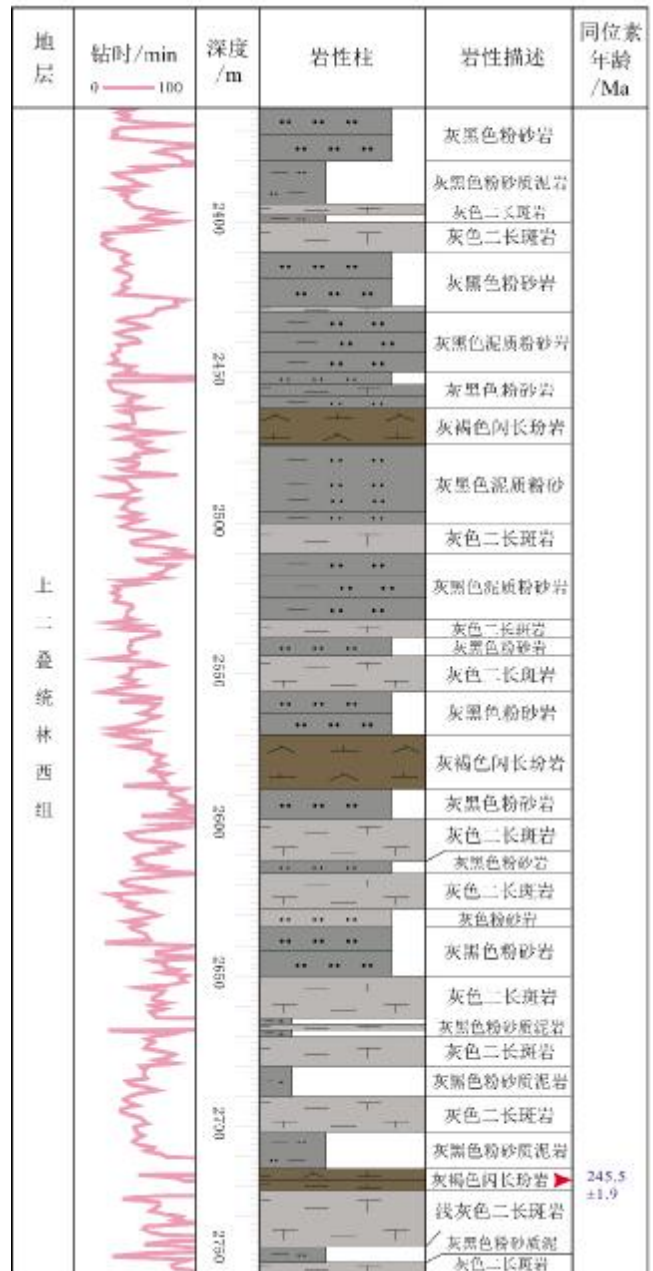


图3 黑富地3井下部柱状图及采样位置

Fig. 3 Stratigraphic column and sampling location of HFD-3 well 井段岩心(图3、4a),岩性为灰褐色闪长玢岩. 岩石呈灰褐色,斑状结构,基质呈显微晶质结构,块状构造. 薄片样品镜下特征、成分特征及其变化如下.

岩石主要由斑晶和基质组成.斑晶主要为斜长石、角闪石和黑云母,少数斑晶聚集在一起呈聚斑和连斑结构.斜长石多呈半自形板柱状,少数呈他形粒状,矿物粒径大小一般为0.2~3.2 mm,多发育聚片双晶和环带结构,多发生土化和绢云母化,部分表面发生较强烈的土化和绢云母化;角闪石多呈他形粒状,少数呈半自



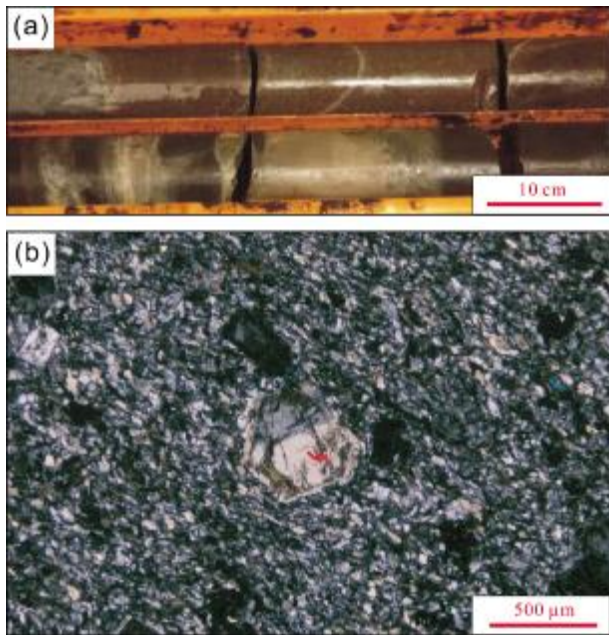


图4 闪长玢岩岩心及镜下特征

Fig. 4 Core and microphotograph of diorite porphyrite

a—岩心照片 (core); b—正交偏光显微照片 (cross-polarized microphotograph)

形柱状,矿物粒径大小一般为0.2~1.2 mm,单偏光下呈浅黄绿—浅蓝绿多色性,正交光下呈Ⅱ级蓝绿干涉色,多数局部被透闪石交代,部分被黑云母交代;黑云母多呈他形片状,片径大小一般为0.4~0.6 mm,单偏光下呈浅黄—黄褐多色性,正交光下呈Ⅲ级红干涉色,多发生褪色,部分发生绿泥石化。

基质主要是斜长石、石英、角闪石、黑云母和不透明矿物。斜长石多呈半自形板柱状,少数呈他形粒状,矿物粒径多小于0.1 mm,部分可见聚片双晶,表面多发生较轻微土化和绢云母化;石英多呈他形粒状,矿物粒径多小于0.1 mm,表面较干净,多同斜长石呈集合体分布;角闪石多呈他形粒状,矿物粒径多小于0.2 mm,单偏光下无色,正交光下呈Ⅱ级蓝绿干涉色,局部发生绿帘石化;黑云母多呈他形片状,片径多小于0.1 mm,单偏光下呈浅黄—浅黄褐多色性,正交光下呈Ⅲ级红干涉色,部分发生绿泥石化。不透明矿物多呈粉末状集合体,黑色不透明,可能为一些铁质(图4b)。

样品锆石分选在廊坊市诚信地质服务有限公司进行。首先将样品进行粉碎分选,分选出的锆石在双目镜下挑选,选择透明度较高、晶形较完好且内部无裂隙具有代表性的锆石进行制靶。制靶后用阴极发光、透射

和反射光对锆石样品进行照相。锆石阴极发光图像在北京大学电镜室完成。制靶、透射和反射光图像制备及LA-ICP-MS U-Pb测试在中国地质大学(北京)地学实验中心元素地球化学研究室完成。通过反射光、透射光及阴极发光图像综合分析,选择晶形好、环带清晰的锆石样品,用激光剥蚀等离子体质谱仪(LA-ICP-MS)进行锆石U-Pb同位素测试。锆石靶的制备过程与SHRIMP方法相似<sup>[9]</sup>。锆石U-Pb测试的仪器为美国New Wave Research Inc.公司生产的激光剥蚀进样系统(UP 193SS)和美国Agilent科技有限公司生产的Agilent 7500a型四级杆等离子质谱仪联合构成的激光等离子质谱系统(LA-ICP-MS)。实验用36 μm的激光束斑直径和10 Hz的激光频率,激光取样过程采用5 s的预剥蚀时间、20 s的冲洗样品池时间以及40 s的剥蚀取样时间。实验采用人工合成硅酸盐玻璃NIST610作为外标<sup>[10]</sup>,Si作为内标进行元素校正,采用标准锆石91500作为外标进行U-Pb同位素分馏效应的校正计算,澳大利亚锆石标样TEM<sup>[11]</sup>和QH<sup>[12]</sup>作为监控盲样来监视测试过程中的稳定性和数据质量。数据处理采用澳大利亚Glitter软件(ver. 4.4, Macquarie University)完成,普通铅校正方法同文献[13]。

### 3 同位素年龄分析结果

本研究对黑富地3井闪长玢岩样品(2712.7TWS)进行了锆石LA-ICP-MS U-Pb同位素分析,对样品进行了25个点测试分析。从阴极发光图(图5)上可见,锆石为自形—半自形,大多锆石保留了岩浆结晶锆石的晶体形态,呈现长柱状和短柱状,粒径主要集中在80~150 μm之间,长宽比多数为2:1,具有清晰的岩浆震荡环带,少部分锆石有不同程度破碎,Th/U介于1.96~8.94间。以上特征表明样品锆石为岩浆成因锆石。

锆石样品测试结果(表1、图6)显示,25个点数据均在谐和线上及其附近,均为谐和年龄,其中有1个测试点的数据年龄偏小(点18,188±5 Ma),可能为混入的锆石。其余的年龄可以分为3组:第一组年龄介于(242±6)~(247±6) Ma,加权平均值为245.5±1.9 Ma(MSWD=0.44,n=8),应为闪长岩的结晶年龄;第二组269~295 Ma,6个测试点,年龄的加权平均值为289.0±6 Ma;第三组313~353 Ma,9个测试点,年龄的加权平均值为338.0±3 Ma。后两组应为岩浆捕获较老的基底



图 5 闪长玢岩样品(2712.7TWS)阴极发光图像和年龄  
Fig. 5 CL images and U-Pb ages of the zircons in diorite porphyrite sample

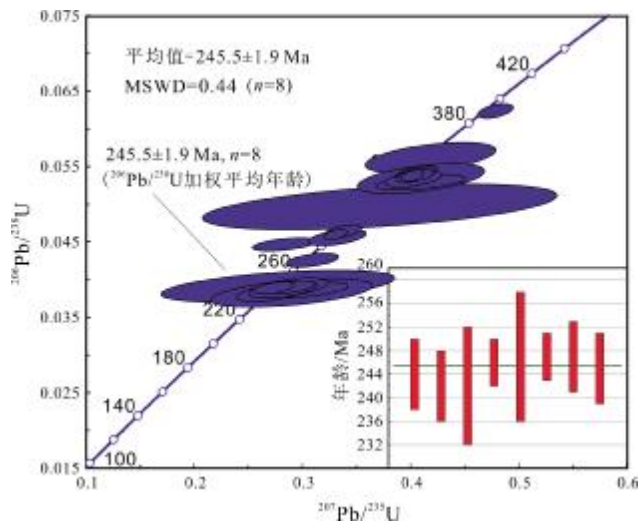


图 6 闪长玢岩样品(2712.7TWS)锆石 U-Pb 年龄谐和图  
Fig. 6 Zircon U-Pb concordia diagram of diorite porphyrite sample

的年龄。结合上述分析可知,245.5±1.9 Ma 代表了脉岩的形成年龄,该脉岩为早中三叠世侵入岩。

#### 4 讨论

##### 4.1 岩浆岩年龄及地质意义

本次研究的脉岩样品具体可归纳为 3 个年龄区间:242~247 Ma, 年龄的加权平均值为 245.5±1.9 Ma; 269~295 Ma, 加权平均值为 289.0±6 Ma; 313~353 Ma, 加权平均值为 338.0±3 Ma. 还有一颗较老的年龄为

390.0±5 Ma. 245.5±1.9 Ma 的结晶年龄代表本次岩浆热事件——闪长玢岩的形成年龄, 后两组较老的年龄应为早期次岩浆作用所形成的锆石, 后被早中三叠世火山岩浆作用捕获。

242~247 Ma 的年龄为中三叠世早期。侯贺晟等<sup>[14]</sup>在松辽盆地中央凹陷区深部科学钻探井松科 2 井获得安山岩的锆石 U-Pb 年龄为 242.6±0.77 Ma; 余星等<sup>[15]</sup>在松辽盆地徐家围子断陷区获得了 252~237 Ma 火山岩的年龄; 裴福萍等<sup>[16]</sup>在松辽盆地南部取得了火山岩 218~236 Ma、254 Ma 的年龄; 陈树旺等<sup>[17]</sup>针对松辽盆地西斜坡区地质井火山岩样品进行同位素测年分析, 年龄介于 224.7~234.0 Ma 之间, 时代为晚三叠世。在松辽盆地周边地区也发现有大量的三叠纪火山事件。在科尔沁右翼前旗索伦镇的下三叠统哈达陶勒盖组 (Th), 岩性主要为深灰及杂色安山岩夹流纹岩、页岩、凝灰质细砂岩及紫色砂岩、粉砂岩等, 其同位素年龄为 250~245 Ma (K-Ar 法)<sup>[18]</sup>; 司秋亮等<sup>[19]</sup>对大兴安岭中段蘑菇气地区哈达陶勒盖组火山岩进行的同位素年代学研究, 结果显示火山岩形成于 234~244 Ma 的中三叠世; 张海华等<sup>[20]</sup>报道了内蒙古科尔沁右翼中旗花岗岩的形成年龄为 242.6±2.5 Ma; 在乌兰浩特-索伦地区获得的中晚三叠世岩浆岩的侵位年龄为 235~225 Ma<sup>[21]</sup>; 小兴安岭东部发育的清水岩体的结晶年龄为 222±5 Ma<sup>[22]</sup>。以上研究成果表明, 三叠纪侵入岩及火山岩在东北地区广泛发育, 而以上三叠纪火山岩的年龄研究表明, 在松辽盆地内三叠系地层亦是存在的, 导致三叠纪岩浆活动的构造体制应为较大范围和规模的应力作用——即应与古亚洲洋构造体制转换有关。松辽盆地及周边三叠纪火山-岩浆事件与西伯利亚板块与华北板块在二叠纪末期的碰撞拼合相关, 应形成于造山后的伸张构造背景<sup>[23]</sup>。

捕获锆石的两组年龄 269~295 Ma、313~353 Ma, 应反映松辽盆地早期岩浆事件的形成时代。269~295 Ma 反映松辽盆地存在早—中二叠世(海西期)的岩浆事件, 在松辽盆地南部营城组存在 254 Ma、294 Ma 火山岩<sup>[16]</sup>, 松辽盆地南部团山子基性脉岩中获得 291 Ma 的锆石年龄<sup>[24]</sup>, 松辽盆地北部早白垩世营城组火山岩捕获的锆石年龄显示有 290~297 Ma 的年龄<sup>[15]</sup>, 海西期捕获锆石所指示的岩浆活动应与华北板块和西伯利亚板块的俯冲碰撞及造山作用相关。

表 1 闪长玢岩锆石 U-Pb 定年数据  
Table 1 Zircon U-Pb dating results of diorite porphyrite

测点	含量/ $10^{-6}$			Th/U	同位素比值及误差						年龄/Ma					
	Th	U	Pb		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$
1	550.78	264.70	241.21	2.08	0.0528	0.0035	0.3100	0.0199	0.0426	0.0008	319	113	274	15	269	5
2	423.27	189.74	154.09	2.23	0.0552	0.0077	0.2937	0.0407	0.0386	0.0009	422	269	261	32	244	6
3	922.58	299.53	562.43	3.08	0.0557	0.0016	0.4795	0.0134	0.0624	0.0008	442	40	398	9	390	5
4	673.97	216.68	267.60	3.11	0.0515	0.0051	0.2713	0.0260	0.0382	0.0009	262	171	244	21	242	6
5	299.62	119.77	149.39	2.50	0.0461	0.0040	0.2839	0.0243	0.0447	0.0007	262	192	254	19	282	4
6	302.05	100.77	311.44	3.00	0.1737	0.0112	1.1198	0.0674	0.0468	0.0013	2593	64	763	32	295	8
7	420.68	214.26	237.43	1.96	0.0546	0.0019	0.4048	0.0140	0.0538	0.0007	396	53	345	10	338	4
8	218.53	83.72	121.60	2.61	0.0558	0.0067	0.4108	0.0481	0.0534	0.0016	443	207	349	35	335	10
9	1214.29	263.24	653.03	4.61	0.0562	0.0047	0.4101	0.0339	0.0530	0.0008	458	157	349	24	333	5
10	302.53	154.43	127.52	1.96	0.0551	0.0118	0.2905	0.0612	0.0383	0.0015	414	365	259	48	242	10
11	92.65	41.46	45.87	2.23	0.0544	0.0197	0.3724	0.1342	0.0497	0.0025	386	582	321	99	313	15
12	2132.14	393.14	1095.12	5.42	0.0529	0.0022	0.3383	0.0141	0.0464	0.0007	323	68	296	11	292	4
13	771.96	173.54	433.69	4.45	0.0545	0.0020	0.4057	0.0149	0.0540	0.0007	393	58	346	11	339	5
14	1173.21	461.30	577.58	2.54	0.0523	0.0014	0.3316	0.0087	0.0460	0.0006	298	38	291	7	290	3
15	542.67	165.10	330.73	3.29	0.0545	0.0021	0.4072	0.0154	0.0542	0.0008	390	60	347	11	341	5
16	398.06	142.88	207.09	2.79	0.0529	0.0036	0.3329	0.0220	0.0456	0.0009	326	116	292	17	288	5
17	3027.17	609.96	1712.35	4.96	0.0543	0.0012	0.4026	0.0086	0.0538	0.0006	383	28	344	6	338	4
18	736.27	128.78	518.40	5.72	0.0461	0.0029	0.1881	0.0103	0.0296	0.0009	383	135	175	9	188	5
19	659.09	134.16	278.27	4.91	0.0511	0.0029	0.2741	0.0152	0.0389	0.0006	245	97	246	12	246	4
20	250.91	41.56	148.48	6.04	0.0541	0.0065	0.4194	0.0493	0.0562	0.0017	375	211	356	35	353	10
21	142.01	47.58	57.70	2.98	0.0516	0.0165	0.2784	0.0884	0.0391	0.0017	268	499	249	70	247	11
22	844.09	277.12	384.88	3.05	0.0540	0.0034	0.2904	0.0179	0.0390	0.0007	370	107	259	14	247	4
23	1219.23	136.41	682.29	8.94	0.0548	0.0030	0.4033	0.0217	0.0534	0.0009	405	91	344	16	335	5
24	247.22	87.44	115.60	2.83	0.0538	0.0055	0.2892	0.0286	0.0390	0.0010	363	177	258	23	247	6
25	241.19	117.13	111.83	2.06	0.0530	0.0049	0.2828	0.0258	0.0387	0.0009	328	163	253	20	245	6

313~353 Ma 时期(石炭纪)捕获的锆石年龄在松辽盆地鲜有报道. 周长勇等<sup>[25]</sup>对大兴安岭北部地区塔河辉长岩体研究表明, 塔河地区约在 330 Ma 存在板块的消减过程, 这可能与兴安地块与松嫩地块的拼合有关. 同时该组年龄与内蒙古苏尼特左旗-锡林浩特-西乌旗岩浆弧的年龄相吻合<sup>[26-33]</sup>.

综合上述表明, 松辽盆地北部存在中三叠世早期岩浆热事件. 捕获锆石年龄进一步证明松辽盆地至少

还经历了石炭纪、早一中二叠世等多次火山活动及岩浆侵位等增生作用.

#### 4.2 对地层时代的约束

松辽盆地晚古生代的研究近年来取得了诸多进展, 尤其是深层系油气资源的发现<sup>[1-2]</sup>. 但对于晚古生代地层的确定, 前人的研究多停留在岩相学描述和地层对比方面, 时代的确定大多依据岩石组合特征和区域地层对比, 一直缺少地层年代学资料, 古生物年代学



等资料也缺少,尤其是同位素年代学资料缺乏,这将影响从总体上把握松辽盆地晚古生代地层的分布规律和区域构造演化历史的研究及探讨,也将严重阻碍盆地油气资源的评价和生烃层系的认识分析等。本次所取得的闪长玢岩的岩浆年龄为  $245.5 \pm 1.9$  Ma, 时代为中三叠世早期,指示其是在中三叠世早期侵位、侵入到碎屑岩地层中,即确定了该套碎屑岩的沉积上限年龄——碎屑岩是在  $245.5 \pm 1.9$  Ma 之前沉积成岩的。结合古生物化石证据(另文发表)和岩石组合特征等,表明脉岩所侵入的这套碎屑岩地层为晚二叠世林西组。这为在松辽盆地进行深层系油气资源调查提供了有意义的基础数据。

## 5 结论

1) 松辽盆地北部地质调查井(黑富地3井)发育的闪长玢岩脉岩,侵位结晶年龄为  $245.5 \pm 1.9$  Ma, 表明为早中三叠世侵入体,指示在松辽盆地北部发育早中三叠世岩浆火山热事件。存在 269~295 Ma、313~353 Ma 两组捕获锆石年龄。

2) 脉岩的结晶年龄及捕获锆石年龄代表了松辽盆地至少经历了石炭纪、早一中二叠世、早中三叠世等多次火山活动及岩浆侵位等作用。岩浆热事件的发育构造背景应与古亚洲洋的碰撞拼合及碰撞后的伸展体制有关。

3) 闪长玢岩的结晶侵位年龄限制了所侵入碎屑岩地层的沉积时代上限。碎屑岩地层是在  $245.5 \pm 1.9$  Ma 之前沉积成岩的,佐证了碎屑岩层系为上二叠统林西组。

## 参考文献(References):

[1] 任战利, 萧德铭, 迟元林. 松辽盆地基底石炭—二叠系烃源岩生气期研究[J]. 自然科学进展, 2006, 16(8): 974-979.  
Ren Z L, Xiao D M, Chi Y L. Study on the generation period of Carboniferous-Permian source rocks in the basement of Songliao Basin [J]. Progress in Natural Science, 2006, 16(8): 974-979. (in Chinese)

[2] 陈章明, 关德师. 东北地区深层石油地质综合研究与目标评价[R]. 安达: 大庆石油学院, 2000: 115-128.  
Chen Z M, Guan D S. Comprehensive study and target evaluation of deep petroleum geology in Northeast China [R]. Anda: Daqing Petroleum Institute, 2000: 115-128. (in Chinese)

[3] 张健, 孙雷, 何大祥, 等. 松辽盆地滨北西部上二叠统林西组烃源岩生物标志化合物的特征及意义[J]. 地质与资源, 2019, 28(4): 350-

357.

Zhang J, Sun L, He D X, et al. Biomarker compounds in the source rocks of upper Permian Linxi Formation in Western Binbei area, Songliao Basin: Characteristics and implications [J]. Geology and Resources, 2019, 28(4): 350-357.

[4] 郑月娟, 黄欣, 孙跃武, 等. 松辽盆地及外围石炭系—二叠系划分与对比[J]. 地质与资源, 2018, 27(1): 1-15.

Zheng Y J, Huang X, Sun Y W, et al. The Carboniferous-Permian stratigraphic division and correlation in the Songliao Basin and its peripheral areas [J]. Geology and Resources, 2018, 27(1): 1-15.

[5] 王清海, 许文良. 松辽盆地形成与演化的深部作用过程——中生代火山探针[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2003, 33(1): 37-42.

Wang Q H, Xu W L. The deep process of formation and evolution of Songliao Basin: Mesozoic volcanic rock probe [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2003, 33(1): 37-42.

[6] 张健, 张海华, 陈树旺, 等. 松辽盆地北部上二叠统林西组地球化学特征及地质意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2020, 50(2): 518-530.

Zhang J, Zhang H H, Chen S W, et al. Geochemical characteristics and geological significance of Upper Permian Linxi Formation in Northern Songliao Basin [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2020, 50(2): 518-530.

[7] 王晓波, 李剑, 王东良, 等. 松辽盆地北部浅层气分布、成藏控制因素及有利勘探方向分析[J]. 东北石油大学学报, 2013, 37(6): 1-11.

Wang X B, Li J, Wang D L, et al. Analysis of shallow gas distribution rules, controlling factors of reservoir formation and exploration directions in Northern Songliao Basin [J]. Journal of Northeast Petroleum University, 2013, 37(6): 1-11.

[8] 姜福杰, 庞雄奇, 柳广弟, 等. 松辽盆地滨北地区扶杨储层油气优势运移通道[J]. 现代地质, 2010, 24(6): 1112-1116, 1125.

Jiang F J, Pang X Q, Liu G D, et al. Dominant petroleum migration pathways of Fuyang reservoir in Binbei area, Songliao Basin [J]. Geoscience, 2010, 24(6): 1112-1116, 1125.

[9] 宋彪, 张玉海, 万渝生, 等. 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(S1): 26-30.

Song B, Zhang Y H, Wan Y S. Mount making and procedure of the SHRIMP dating [J]. Geological Review, 2002, 48 (S1): 26-30.

[10] Pearce N J G, Perkins W T, Westgate J A, et al. A compilation of new and published major and trace element data for NIST SRM 610 and NIST SRM 612 glass reference materials [J]. Geostandards Newsletter, 1997, 21(1): 115-144.

[11] Black L P, Kamo S L, Allen C M, et al. TEMORA 1: A new zircon standard for Phanerozoic U-Pb geochronology [J]. Chemical Geology, 2003, 200(1/2): 155-170.

[12] 李献华, 唐国强, 龚冰, 等. Qinghu(清湖)锆石: 一个新的 U-Pb 年龄和 O, Hf 同位素微区分析工作标样[J]. 科学通报, 2013, 58(20): 1954-1961.

- Li X H, Tang G Q, Guo B, et al. Qinghu zircon: A working reference for microbeam analysis of U-Pb age and Hf and O isotopes [J]. *Chin Sci Bull*, 2013, 58(20):1954-1961.
- [13] Anderson T. Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report  $^{204}\text{Pb}$  [J]. *Chemical Geology*, 2002, 192(1/2):59-79.
- [14] 侯贺晟, 王成善, 张交东, 等. 松辽盆地大陆深部科学钻探地球科学研究进展[J]. *中国地质*, 2018, 45(4):641-657.
- Hou H S, Wang C S, Zhang J D, et al. Deep continental scientific drilling engineering in Songliao Basin: Resource discovery and progress in earth science research[J]. *Geology in China*, 2018, 45(4):641-657.
- [15] 余星, 肖俊, 陈汉林, 等. 松辽盆地基底显生宙岩浆热事件: 来自营城组火山岩捕获锆石的 SHRIMP 定年证据[J]. *岩石学报*, 2008, 24(5):1123-1130.
- Yu X, Xiao J, Chen H L, et al. Phanerozoic magmatic events in the basement of Songliao Basin: SHRIMP dating of captured zircons from Yingcheng formation volcanic rocks [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2008, 24(5):1123-1130.
- [16] 裴福萍, 许文良, 杨德彬, 等. 松辽盆地南部中生代火山岩: 锆石 U-Pb 年代学及其对基底性质的制约[J]. *地球科学——中国地质大学学报*, 2008, 33(5):603-617.
- Pei F P, Xu W L, Yang D B, et al. Mesozoic volcanic rocks in the Southern Songliao Basin: Zircon U-Pb ages and their constraints on the nature of basin basement[J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 2008, 33(5):603-617.
- [17] 陈树旺, 张健, 郑月娟, 等. 松辽盆地西部斜坡区上古生界油气地质调查进展与发现[J]. *中国地质调查*, 2019, 6(1):1-9.
- Chen S W, Zhang J, Zheng Y J, et al. Progresses and discoveries of geological survey on oil and gas resources related to the Upper Paleozoic in the western slope of Songliao Basin[J]. *Geological Survey of China*, 2019, 6(1):1-9.
- [18] 杨雅军, 张立东, 张立君, 等. 大兴安岭地区三叠系划分与对比[J]. *地质与资源*, 2012, 21(1):67-73.
- Yang Y J, Zhang L D, Zhang L J, et al. Division and correlation of the Triassic strata in Daxinganling region[J]. *Geology and Resources*, 2012, 21(1):67-73.
- [19] 司秋亮, 王恩德, 唐振, 等. 大兴安岭中段哈达陶勒盖组火山岩 U-Pb 定年及成因[J]. *东北大学学报(自然科学版)*, 2018, 39(12):1779-1782.
- Si Q L, Wang E D, Tang Z, et al. Zircon U-Pb dating and petrogenesis of volcanic rocks in Hadataolegai Formation, middle Great Xing'an Range[J]. *Journal of Northeastern University (Natural Science)*, 2018, 39(12):1779-1782.
- [20] 张海华, 郑月娟, 陈树旺, 等. 内蒙古科尔沁右翼中旗三叠纪花岗质岩锆石 U-Pb 年龄、地球化学特征及其地质意义[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2015, 45(2):417-428.
- Zhang H H, Zheng Y J, Chen S W, et al. Zircon U-Pb age, geochemical characteristics and geological significance of the Triassic granite in Keerqinyouyizhongqi, Inner Mongolia[J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 2015, 45(2):417-428.
- [21] 葛文春, 吴福元, 周长勇, 等. 大兴安岭中部乌兰浩特地区中生代花岗岩的锆石 U-Pb 年龄及地质意义[J]. *岩石学报*, 2005, 21(3):749-762.
- Ge W C, Wu F Y, Zhou C Y, et al. Zircon U-Pb ages and its significance of the Mesozoic granites in the Wulanhaote region, central Da Hinggan Mountain[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2005, 21(3):749-762.
- [22] 孙德有, 吴福元, 高山. 小兴安岭东部清水岩体的锆石激光探针 U-Pb 年龄测定[J]. *地球学报*, 2004, 25(2):213-218.
- Sun D Y, Wu F Y, Gao S. LAICPMS zircon U-Pb age of the Qingshui pluton in the East Xiao Hinggan Mountains [J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 2004, 25(2):213-218.
- [23] 张海华, 李永飞, 张健, 等. 大兴安岭中部乌兰浩特地区花岗岩锆石 U-Pb 年龄、地球化学特征及构造意义[J]. *现代地质*, 2020, 34(3):483-493.
- Zhang H H, Li Y F, Zhang J, et al. Zircon U-Pb age, geochemical characteristics and tectonic implications of granites in the Wulanhaote area, central Daxing'an Mountains [J]. *Geoscience*, 2020, 34(3):483-493.
- [24] 贾维馨, 姜琦刚, 王冬艳, 等. 松辽盆地南缘基性岩脉中捕获锆石 U-Pb 年龄及其对基底岩浆事件的制约[J]. *岩石学报*, 2016, 32(9):2881-2888.
- Jia W X, Jiang Q G, Wang D Y, et al. Captured zircon U-Pb ages in the mafic dike and constraints of the magmatic events in the basement of southern Songliao Basin[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2016, 32(9):2881-2888.
- [25] 周长勇, 吴福元, 葛文春, 等. 大兴安岭北部塔河堆晶辉长岩体的形成时代、地球化学特征及其成因[J]. *岩石学报*, 2005, 21(3):763-775.
- Zhou C Y, Wu F Y, Ge W C, et al. Age, geochemistry and petrogenesis of the cumulate gabbro in Tabe, Northern Da Hinggan Mountain[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2005, 21(3):763-775.
- [26] 洪大卫, 黄怀曾, 肖宜君, 等. 内蒙古中部二叠纪碱性花岗岩及其地球动力学意义[J]. *地质学报*, 1994, 68(3):219-230.
- Hong D W, Huang H Z, Xiao Y J, et al. The Permian alkaline granites in central Inner Mongolia and their geodynamic significance [J]. *Acta Geologica Sinica*, 1994, 68(3):219-230.
- [27] 陈斌, 赵国春, Wilde S. 内蒙古苏尼特左旗南两类花岗岩同位素年代学及其构造意义[J]. *地质论评*, 2001, 47(4):361-367.
- Chen B, Zhao G C, Wilde S. Subduction and collision related granitoids from southern Sonidzuqi, Inner Mongolia: Isotopic ages and tectonic implications[J]. *Geological Review*, 2001, 47(4):361-367.

(下转第 283 页/Continued on Page 283)



- [14]张航,刘玉梅,宋立斌,等.吉林通化盆地三棵榆树断陷中生代构造演化特征[J].世界地质,2017,36(4):1092-1099.  
Zhang H, Liu Y M, Song L B, et al. Characteristics of Mesozoic-Cenozoic tectonic evolution of Sankeyushu fault depression in Tonghua Basin, Jilin[J]. Global Geology, 2017, 36(4):1092-1099.
- [15]徐盛侠,董清水,楼仁兴,等.吉林柳河盆地沉积特征与油气勘探前景[J].世界地质,2019,38(1):215-224.  
Xu S X, Dong Q S, Lou R X, et al. Sedimentary characteristics and oil-gas exploration prospect of Liuhe Basin, Jilin[J]. Global Geology, 2019, 38(1):215-224.
- [16]王丹丹,赵松,张文浩,等.松辽盆地外围通化地区高精度重磁电特征及其构造格架[J].中国地质,2020,47(4):1056-1068.  
Wang D D, Zhao S, Zhang W H, et al. Lithofacies identification and deep structure of Tonghua area in the periphery of Songliao Basin based on high-precision gravity-magnetic electrical survey[J]. Geology in China, 2020, 47(4):1056-1068.
- [17]董清水,赵占银,刘招君,等.半地堑式断陷盆地的油气成藏模式:以松辽盆地梨树断陷为例[J].吉林大学学报(地球科学版),2003,33(1):43-47.  
Dong Q S, Zhao Z Y, Liu Z J, et al. The model for formation reservoir in half graben mode of fault-depression basin: Taking the Lishu fault depression in Songliao basin as an example[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2003, 33(1):43-47.
- [18]代登亮,董清水,任燕宁,等.松辽盆地深层箕状断陷岩性气藏成藏规律分析:以王府断陷为例[J].世界地质,2015,34(4):1052-1060.  
Dai D L, Dong Q S, Ren Y N, et al. Gas accumulation in lithologic reservoirs of deep half-graben rift in Songliao Basin: A case of Wangfu fault depression[J]. Global Geology, 2015, 34(4):1052-1060.
- [19]任燕宁,崔桐,刘杨,等.松辽盆地东部榆树断陷下白垩统岩相展布特征及有利勘探区带预测[J].世界地质,2017,36(1):174-181.  
Ren Y N, Cui T, Liu Y, et al. Lithofacies distribution and prediction of favorable exploration play of Lower Cretaceous in Yushu fault depression, eastern Songliao Basin[J]. Global Geology, 2017, 36(1):174-181.
- [20]董清水,史宝彦,苗洪波,等.地堑式断陷盆地油气成藏规律分析——以伊通地堑岔路河断陷南部为例[J].石油实验地质,2008,30(1):6-10.  
Dong Q S, Shi B Y, Miao H B, et al. Analysis of hydrocarbon accumulation rule in graben style basin—A case from south Chalufe fault subsidence of Yitong graben [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2008,33(1):6-10.
- [21]王璞珺,陈树民,刘万洙,等.松辽盆地火山岩相与火山岩储层的关系[J].石油与天然气地质,2003,24(1):18-23.  
Wang P J, Chen S M, Liu W Z, et al. Relationship between volcanic facies and volcanic reservoirs in Songliao [J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(1):18-23.
- [22]王继远,董清水,林冬萍,等.松辽盆地南部双辽断陷生储盖特征与成藏主控因素分析[J].世界地质,2017,36(1):166-173.  
Wang J Y, Dong Q S, Lin D P, et al. Analysis of source-reservoir-cap association and major factors controlling hydrocarbon accumulation in Shuangliao fault depression, southern Songliao Basin [J]. Global Geology, 2017, 36(1):166-173.
- [23]吴佳忆,施尚明.鸭绿江盆地长白坳陷成藏条件分析及油气勘探前景[J].中国地质,2016,43(6):2070-2081.  
Wu J Y, Shi S M. Petroleum geological condition and hydrocarbon exploration prospect of Changbai Depression in Yalu River Basin [J]. Geology in China, 2016, 43(6):2070-2081.

(上接第256页/Continued from Page 256)

- [28]石玉若,刘敦一,张旗,等.内蒙古苏左旗地区闪长-花岗岩类 SHRIMP 年代学[J].地质学报,2004,78(6):789-799.  
Shi Y R, Liu D Y, Zhang Q, et al. SHRIMP dating of diorites and granites in Southern Suzuoqi, Inner Mongolia [J]. Acta Geologica Sinica, 2004, 78(6):789-799.
- [29]石玉若,刘敦一,简平,等.内蒙古中部苏尼特左旗富钾花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄[J].地质通报,2005,24(5):424-428.  
Shi Y R, Liu D Y, Jian P, et al. Zircon SHRIMP dating of K-rich granites in Sonid Zuoqi, central Inner Mongolia [J]. Geological Bulletin of China, 2005, 24(5):424-428.
- [30]石玉若,刘敦一,张旗,等.内蒙古中部苏尼特左旗地区三叠纪 A 型花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其区域构造意义[J].地质通报,2007,26(2):183-189.  
Shi Y R, Liu D Y, Zhang Q, et al. SHRIMP U-Pb zircon dating of Triassic A-type granites in Sonid Zuoqi, central Inner Mongolia, China and its tectonic implications [J]. Geological Bulletin of China, 2007, 26(2):183-189.
- [31]刘建峰.内蒙古林西-东乌旗地区晚古生代岩浆作用及其对区域构造演化的制约[D].长春:吉林大学,2009.  
Liu J F. Late Paleozoic magmatism and its constraints on regional tectonic evolution in Linxi-Dong Wuqi area, Inner Mongolia [D]. Changchun: Jilin University, 2009. (in Chinese)
- [32]宋卫卫,周建波,郭晓丹,等.松辽地块大地构造属性:古生界碎屑锆石年代学的制约[J].世界地质,2012,31(3):522-535.  
Song W W, Zhou J B, Guo X D, et al. Geotectonic setting of Songliao block: Restriction from Paleozoic detrital zircon U-Pb dating [J]. Global Geology, 2012, 31(3):522-535.
- [33]Chen B, Jahn B M, Tian W. Evolution of the Solonker suture zone: Constraints from zircon U-Pb ages, Hf isotopic ratios and whole-rock Nd-Sr isotope compositions of subduction- and collision-related magmas and fore-arc sediments [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2009, 34(3):245-257.