

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2022.01.011

辽南庄河斜峭岩体 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄 及岩石地球化学特征

刘文彬

(辽宁省地质矿产调查院, 沈阳 110031)

摘要: 斜峭岩体分布于辽宁南部庄河市木盂山至斜峭一带, 岩性主要为中细粒石英闪长岩。岩石 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄加权平均值为 $125.54\text{ Ma}\pm0.39\text{ Ma}$, 形成时代为早白垩世。岩石地球化学特征显示, $w(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})=4.3\%\sim5.6\%$, 里特曼指数 σ 平均值为1.75, 属钙碱系列; 铝饱和指数 A/CNK 平均值为0.84, 属准铝型; 岩石中微量元素分析显示, 富集大离子亲石元素, 亏损高场强元素, 具有壳源特征; 岩石中稀土元素总量平均值为 151.01×10^{-6} , 稀土元素配分模式右倾, 属具不明显铈异常的轻稀土富集、重稀土亏损型; 斜峭岩体属于同碰撞科迪勒拉型(I型)花岗岩。

关键词: 斜峭岩体; 锆石 U-Pb 年龄; 岩石地球化学特征; 辽南地区

中图分类号: P588.121; P597.1 **文献标识码:** A

0 引言

研究区位于华北克拉通北缘东段, 胶辽吉活动带内(赵国春, 2009), 关于其构造环境、岩体年代学等问题, 存在很多争论^[1-2], 本次工作在详细分析前人资料的前提下, 通过1:5万区域地质填图的野外实际观察, 对出露于研究区斜峭一带的斜峭岩体进行了深入研究。斜峭岩体最早由辽宁区调队(1992)在榜式堡等4幅1:5万区调中建立, 认为其时代为三叠纪^①。1:25万营口市幅区调(2001)中认为控制其就位的构造应力场为中三叠世自东向西的水平剪切滑脱应力, 且侵入其中的卧龙泉岩体时限为晚三叠世早期, 因此将该单元限定于中三叠世^②。该岩体缺乏高精度测年资料, 且年代学资料的不准确, 直接影响了该岩体甚至该研究区在中生代所处的构造意义。如果其为中三叠世岩体, 则其应受印支期

构造旋回影响; 而如果为晚三叠世以后则应受燕山期构造旋回影响, 相应的其构造意义也会发生改变。因此, 本次对斜峭岩体岩石学、地球化学和年代学进行研究, 旨在确定岩体的准确年代、分布范围, 并结合区域地质资料建立岩浆演化序列, 探讨岩石成因和构造环境等。

1 地质背景

工作区位于华北陆块北缘东段, 出露地层主要为古元古代辽河岩群, 其上由中元古代的榆树砬子组构成似盖层, 似盖层之上由新元古界永宁组的浅变质和未变质沉积岩系构成盖层。区域应力场强烈的拉伸应变和收缩作用, 导致不同地质体中产生多级组合的韧性-脆性剪切滑脱变形、褶皱变形, 并最终导致脆性断裂系统的形成, 同时伴生频繁的三叠纪及白垩纪岩浆侵入活动。斜峭岩体出露面积约

收稿日期: 2021-07-22; 责任编辑: 沈名星

基金项目: 中国地质调查局项目“辽东—吉南成矿带永吉—凤城地区地质矿产调查”(编号:DD20160049)、“辽宁1:5万卧龙泉、李家堡子、万福庄、三道沟幅区域地质矿产调查”(编号:DD20160049-7)联合资助。

作者简介: 刘文彬(1988—), 男, 大学本科毕业, 工程师, 从事基础地质调查工作。通信地址: 辽宁省沈阳市皇姑区宁山中路42号羽丰大厦办公区25-02室; 邮政编码: 110031; E-mail: liuwb11@126.com

23.13 km², 呈不规则团块状岩株或岩瘤产出, 空间上侵入中元古代榆树砬子组、新元古代永宁组和晚三叠世似斑状黑云母二长花岗岩、中粒黑云母二长花岗岩, 被早白垩世中细粒黑云母二长花岗岩侵入。

2 样品采集和测试方法

(1) 样品采集及岩石特征

本次共采集 4 件岩石地球化学样品和 1 件测年样品(RZ35), 岩性均为中细粒石英闪长岩, 岩石新鲜, 蚀变微弱, 具有代表性。4 件岩石地球化学样品分别采自岩体不同部位(图 1), 测年样品(RZ35)采自斜峭岩体中心(图 1), 地理坐标为 N40°7'31"、E122°55'58"。

中细粒石英闪长岩呈灰白色, 中细粒半自形粒状结构, 块状构造(图 2)。岩石主要由斜长石、石英、黑云母、角闪石组成。斜长石呈半自形板状, 粒度 0.4~2 mm, 少部分为 2~2.8 mm, 其含量 60%±, 斜长石多表面较干净, 局部轻微绢云母化, 有时可见环带构造, 偶见钾长石呈填隙状分布于斜长石粒间。石英呈它形粒状, 粒度一般 0.2~2 mm, 含量 10%±, 单晶或集合体填隙状分布于斜长石粒

间。黑云母呈鳞片状、叶片状, 粒度一般 0.2~2 mm, 含量 15%。角闪石呈半自形柱粒状, 粒度一般 0.2~2 mm, 少部分黑云母粒度 2~4.5 mm, 含量 15%, 杂乱或集合体聚集似堆状分布。副矿物主要为锆石、磷灰石、磁铁矿等。

(2) 测试方法

地球化学样品测试分析由国土资源部沈阳矿产资源监督检测中心完成, 单矿物的分选由河北省廊坊区域地质调查研究院地质实验室完成, 锆石样品靶制备和阴极发光图像的拍摄由南京宏创地质勘查技术服务公司完成, LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素测试分析在北京燕都中实测试技术公司完成^[3]。

激光剥蚀系统为 New Wave UP213, ICP-MS 为布鲁克 M90。激光剥蚀过程中采用氦气作载气、氩气为补偿气以调节灵敏度, 二者在进入 ICP 之前通过一个匀化混合器混合。每个样品点分辨包括大约 20~30 s 的空白信号和 50 s 的样品信号。U-Pb 同位素定年中采用锆石标准 91500 和 Plesovice 作为外标进行同位素分馏校正, 对分析数据的离线处理(包括对样品和空白信号的选择、仪器灵敏度漂移校正、元素含量及 U-Th-Pb 同位素比值和年龄计算)采用软件 ICPMSDataCal 完成^[4-5]。

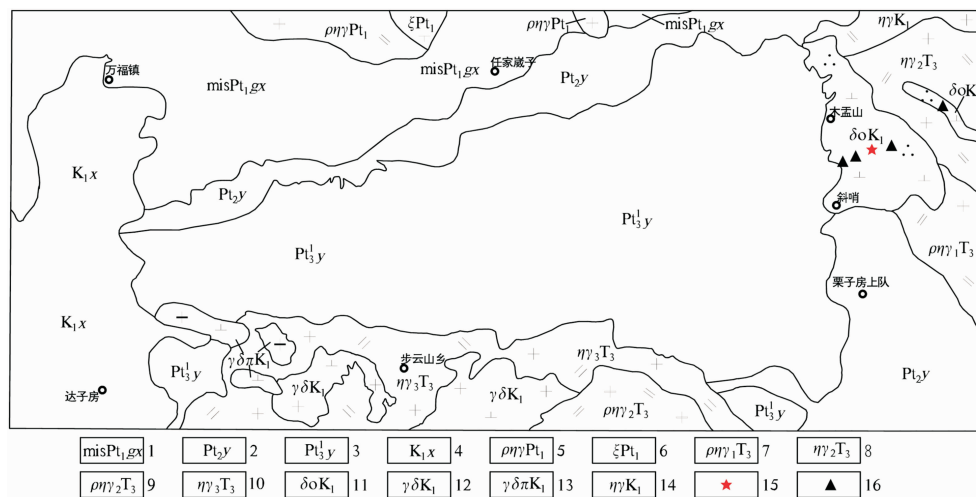


图 1 研究区地质略图

Fig. 1 Geological sketch of the study area

1. 古元古代盖县岩组片岩; 2. 中元古代榆树砬子岩组; 3. 新元古代永宁组; 4. 早白垩世小岭组;
5. 古元古代似斑状黑云母二长花岗岩(卧龙泉岩体); 6. 古元古代角闪正长岩(梁屯岩体);
7. 晚三叠世似斑状黑云母二长花岗岩(前豹沟岩体); 8. 晚三叠世中粒黑云母二长花岗岩(东屯岩体);
9. 晚三叠世中细粒似斑状黑云母二长花岗岩(同顺屯岩体); 10. 晚三叠世中粗粒二长花岗岩(庙岭岩体);
11. 早白垩世中细粒石英闪长岩(斜峭岩体); 12. 早白垩世中细粒花岗岩闪长岩(步云山岩体);
13. 早白垩世花岗岩闪长岩(同江峪岩体); 14. 早白垩世中细粒黑云母二长花岗岩(龙潭沟岩体);
15. 测年样采样位置; 16. 地球化学样品采样位置

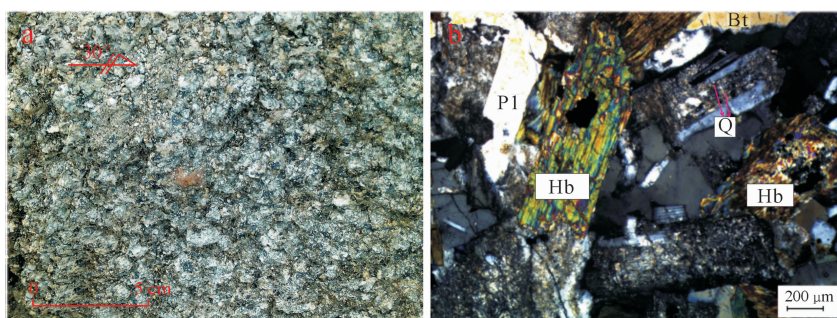


图2 斜峭中细粒石英闪长岩照片

Fig. 2 Micro-photo of medium-fine grained quartz diorite in Xieshao intrusive body

a. 野外岩貌; b. 显微照片

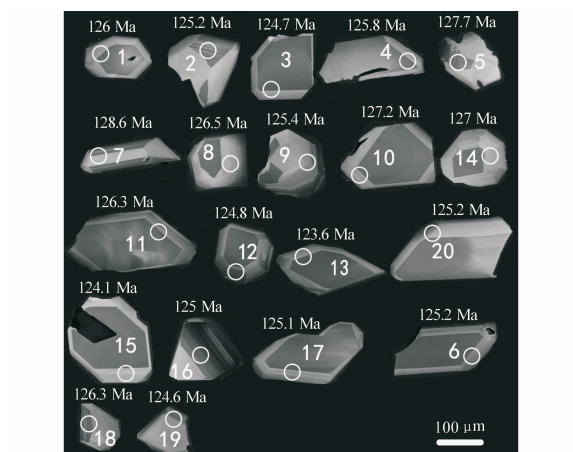


图3 RZ35 样品锆石阴极发光(CL)图像及 LA-ICP-MS 测点位置

Fig. 3 Zircon CL image and U-Pb measuring points at sample RZ35

RZ35 样品锆石透明,呈黄粉色、金刚光泽,个别可见固相包体,粒径 $0.08 \sim 0.30$ mm 为主、少数 $0.30 \sim 0.80$ mm,长宽比多为 $2 \sim 4.5$,自形半自形断柱状、柱状、棱角块状,可见凹坑沟槽等溶蚀痕迹,常见锥柱不对称的歪晶,部分可见铁染,颜色单一,晶群集中,改造程度相近,为同源产物(图3)。

本次工作测试的是锆石边部,代表后期岩浆作用的产物,并没有选择对锆石核部处进行测定,因为核部个别会存在早期岩浆锆石残留,可能会对分析结果造成一定的影响^[6]。

3 样品测试结果

3.1 岩石地球化学特征

斜峭中细粒石英闪长岩共分析 4 件地球化学样

品,分析结果见表1。 $w(\text{SiO}_2) = 52.3\% \sim 58.1\%$, $w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) = 4.3\% \sim 5.6\%$, $w(\text{Na}_2\text{O})/w(\text{K}_2\text{O}) = 1.1 \sim 1.7$ 。里特曼指数 σ 平均值为 1.75,属钙碱系列,铝饱和指数 A/CNK 平均值为 0.84, A/NK 平均值为 2.24,反映出其属准铝类型岩石;在 $w(\text{SiO}_2) - w(\text{K}_2\text{O})$ 图解(图4)中落于高钾钙碱性系列。

斜峭中细粒石英闪长岩富集大离子亲石元素 K、Rb、Ba、Th、U,亏损高场强元素 P(图5)。与陆壳元素丰度(黎彤,1962)相比,岩石 Ba、Ce、Hf、Sr 含量较高,其余元素较低。 $w(\text{Rb})/w(\text{Sr}) = 0.07$,低于地壳值高于上地幔值。 $w(\text{Nb})/w(\text{Ta}) = 18.78$,介于陆壳与洋壳值之间。 $w(\text{Ba})/w(\text{Sr}) = 0.69$, $w(\text{K})/w(\text{Rb}) = 266.74$,表明其岩浆来源可能为上地幔与下地壳。

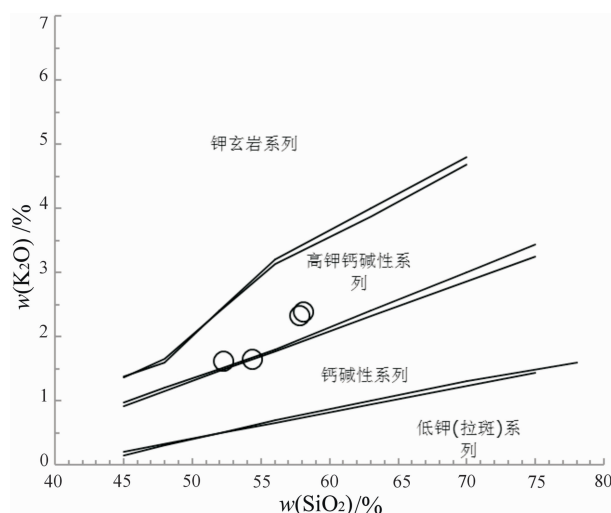
图4 斜峭中细粒石英闪长岩 $w(\text{SiO}_2) - w(\text{K}_2\text{O})$ 图解Fig. 4 $w(\text{SiO}_2) - w(\text{K}_2\text{O})$ diagram of Xieshao intrusive body

表 1 斜峭中细粒石英闪长岩常量元素、微量元素、稀土元素分析结果

Table 1 Analysis of major, trace elements and REE of the medium-fine grained quartz diorite

样品号	PM12-TY3	PM12-TY4	PM12-TY5	PM12-TY6	样品号	PM12-TY3	PM12-TY4	PM12-TY5	PM12-TY6
SiO ₂	57.80	54.40	58.10	52.30	La	36.20	28.70	44.60	28.10
TiO ₂	0.58	0.60	0.67	0.85	Ce	66.70	55.60	81.20	53.40
Al ₂ O ₃	13.10	16.00	16.50	15.70	Pr	8.44	5.87	8.94	6.06
Fe ₂ O ₃	1.89	2.21	1.91	2.05	Nd	30.20	24.70	29.90	24.30
FeO	5.12	5.24	3.83	5.63	Sm	5.20	3.85	5.02	4.12
MnO	0.32	0.24	0.11	0.16	Eu	1.35	1.32	1.35	1.36
MgO	7.61	6.43	5.10	7.48	Gd	4.19	3.48	4.22	3.73
CaO	5.83	6.57	5.54	6.88	Tb	0.69	0.51	0.61	0.54
Na ₂ O	2.57	3.06	3.23	2.70	Dy	3.55	2.90	2.91	2.87
K ₂ O	2.32	1.51	2.39	1.62	Ho	0.82	0.54	0.57	0.58
P ₂ O ₅	0.22	0.13	0.21	0.26	Er	2.12	1.40	1.60	1.49
A/CNK	0.76	0.86	0.92	0.84	Tm	0.28	0.20	0.25	0.21
A/NK	1.94	2.40	2.09	2.53	Yb	2.00	1.41	1.53	1.37
σ	1.54	1.68	2.01	1.75	Lu	0.31	0.23	0.25	0.21
Rb	56.00	40.00	92.00	55.00	Y	17.90	13.00	14.80	13.30
Th	8.33	4.58	9.06	4.01	w(ΣREE)	162.05	130.71	182.95	128.34
U	1.24	0.85	1.03	0.66	w(La) _N /w(Yb) _N	12.98	14.60	20.91	14.71
Nb	13.10	7.43	15.70	8.09	w(Sm)/w(Nd)	0.17	0.16	0.17	0.17
Sr	302.00	1085.00	933.00	984.00	δEu	0.86	1.08	0.87	1.04
Nd	30.20	24.70	29.90	24.30	量单位:常量元素 w _B /%,微量元素 w _B /10 ⁻⁶				
P	960.00	567.00	916.00	1135.00					
Zr	69.40	69.30	158.00	72.30					
Hf	3.13	2.24	5.34	2.29					

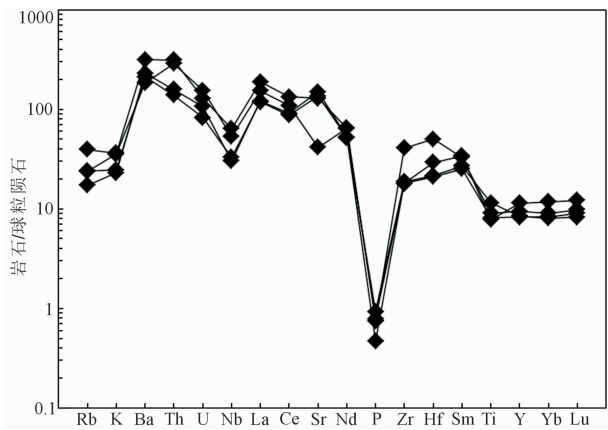


图 5 斜峭中细粒石英闪长岩微量元素
球粒陨石标准化蛛网图解

Fig. 5 Chondrite-normalized spider diagram of trace elements of the medium-fine grained quartz diorite

岩石平均 $w(\Sigma\text{REE}) = 151.01 \times 10^{-6}$, $w(\text{LREE})/w(\text{HREE}) = 11.7$, $w(\text{La})_{\text{N}}/w(\text{Yb})_{\text{N}} = 15.64$,表明其轻稀土相对较富集,重稀土相对亏损。 $w(\text{La})_{\text{N}}/w(\text{Sm})_{\text{N}} = 4.88$, $w(\text{Gd})_{\text{N}}/w(\text{Yb})_{\text{N}} = 2.05$,说明其轻稀土分馏较强,而重稀土分馏较弱。 $\delta\text{Eu} = 0.95$,说明其成因可能与板块运动相关,岩浆来源可能为下地壳或太古宙沉积岩的部分熔融。

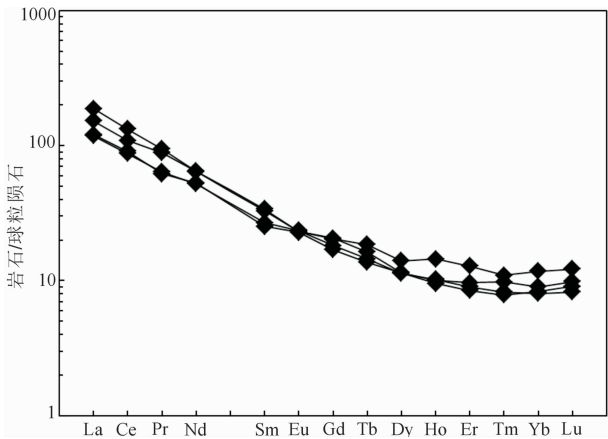


图 6 斜峭中细粒石英闪长岩稀土元素
球粒陨石标准化分布型式图

Fig. 6 REE pattern of the medium-grained quartz diorite

$w(\text{Sm})/w(\text{Nd}) = 0.17$,也显示出中细粒石英闪长岩具有壳源性质。稀土元素球粒陨石标准化配分模式曲线呈右倾(图 6),铕异常不明显,为具不明显铕异常的轻稀土富重稀土亏损集型^[7]。

3.2 年代学特征

岩石样品 20 颗锆石测试结果如表 2 所述。锆石 $w(\text{U}) = 119 \times 10^{-6} \sim 622 \times 10^{-6}$, $w(\text{Th}) = 148 \times$

表 2 RZ35 锆石 LA-ICP-MS U-Th-Pb 同位素分析结果

Table 2 Zircon LA-ICP-MS U-Th-Pb isotopic analysis of the medium-fine grained quartz diorite

点号	Pb	^{232}Th	^{238}U	$w(\text{Th})/w(\text{U})$	同位素比值								同位素年龄值/Ma							
					$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	1σ
RZ35-1	9.9	638	323	1.98	0.0497	0.0020	0.1336	0.0054	0.0197	0.0003	0.0054	0.0002	189.0	96.3	127.3	4.8	126.0	2.0	109.0	3.2
RZ35-2	10.2	503	383	1.31	0.0502	0.0021	0.1341	0.0054	0.0196	0.0003	0.0054	0.0002	211.2	94.4	127.8	4.8	125.2	1.8	108.0	3.1
RZ35-3	11.3	716	374	1.92	0.0493	0.0016	0.1323	0.0045	0.0195	0.0003	0.0054	0.0002	161.2	77.8	126.2	4.0	124.7	1.6	108.9	3.1
RZ35-4	19.5	1345	607	2.22	0.0485	0.0014	0.1317	0.0044	0.0197	0.0003	0.0054	0.0001	124.2	70.4	125.6	4.0	125.8	1.8	109.5	2.9
RZ35-5	19.4	1098	622	1.77	0.0520	0.0014	0.1428	0.0043	0.0200	0.0004	0.0055	0.0002	283.4	63.0	135.5	3.8	127.7	2.4	111.3	3.2
RZ35-6	8.9	673	355	1.89	0.0495	0.0022	0.1329	0.0060	0.0196	0.0003	0.0071	0.0003	172.3	105.5	126.7	5.3	125.2	1.7	143.3	5.6
RZ35-7	5.7	286	195	1.46	0.0531	0.0027	0.1459	0.0074	0.0201	0.0003	0.0057	0.0002	331.5	121.3	138.3	6.6	128.6	1.9	115.5	3.6
RZ35-8	9.4	521	319	1.63	0.0483	0.0020	0.1306	0.0053	0.0198	0.0003	0.0055	0.0002	122.3	98.1	124.6	4.7	126.5	1.9	110.9	3.6
RZ35-9	7.8	396	282	1.40	0.0466	0.0020	0.1260	0.0057	0.0196	0.0003	0.0055	0.0002	27.9	100.0	120.5	5.1	125.4	1.9	111.4	3.9
RZ35-10	11.3	663	389	1.70	0.0480	0.0016	0.1320	0.0048	0.0199	0.0003	0.0052	0.0002	98.2	79.6	125.9	4.3	127.2	1.8	104.9	3.7
RZ35-11	3.1	148	119	1.25	0.0501	0.0035	0.1349	0.0094	0.0198	0.0003	0.0052	0.0002	198.2	169.4	128.5	8.4	126.3	2.2	104.2	4.2
RZ35-12	4.6	229	209	1.09	0.0490	0.0024	0.1316	0.0067	0.0196	0.0003	0.0060	0.0003	146.4	113.9	125.6	6.0	124.8	1.9	121.9	5.1
RZ35-13	4.4	275	188	1.47	0.0538	0.0033	0.1436	0.0090	0.0194	0.0003	0.0066	0.0003	364.9	138.9	136.3	8.0	123.6	1.7	133.7	5.3
RZ35-14	16.0	963	535	1.80	0.0475	0.0015	0.1301	0.0042	0.0199	0.0002	0.0050	0.0002	72.3	74.1	124.2	3.8	127.0	1.5	101.8	3.6
RZ35-15	9.1	550	319	1.72	0.0475	0.0019	0.1265	0.0050	0.0194	0.0003	0.0049	0.0002	76.0	92.6	120.9	4.5	124.1	1.9	98.7	4.0
RZ35-16	8.4	441	308	1.43	0.0471	0.0018	0.1257	0.0048	0.0196	0.0003	0.0050	0.0002	57.5	88.9	120.2	4.3	125.0	2.2	100.7	4.4
RZ35-17	10.1	632	335	1.89	0.0476	0.0019	0.1278	0.0049	0.0196	0.0003	0.0049	0.0002	79.7	92.6	122.1	4.4	125.1	1.7	98.6	4.6
RZ35-18	10.3	403	419	0.96	0.0494	0.0016	0.1349	0.0046	0.0198	0.0002	0.0047	0.0002	168.6	71.3	128.5	4.1	126.3	1.5	95.5	4.8
RZ35-19	7.8	373	299	1.25	0.0466	0.0019	0.1262	0.0056	0.0195	0.0003	0.0048	0.0003	31.6	92.6	120.7	5.0	124.6	1.8	95.8	5.4
RZ35-20	10.6	789	390	2.02	0.0502	0.0018	0.1349	0.0046	0.0196	0.0003	0.0054	0.0002	205.6	79.6	128.5	4.1	125.2	1.7	109.6	4.9

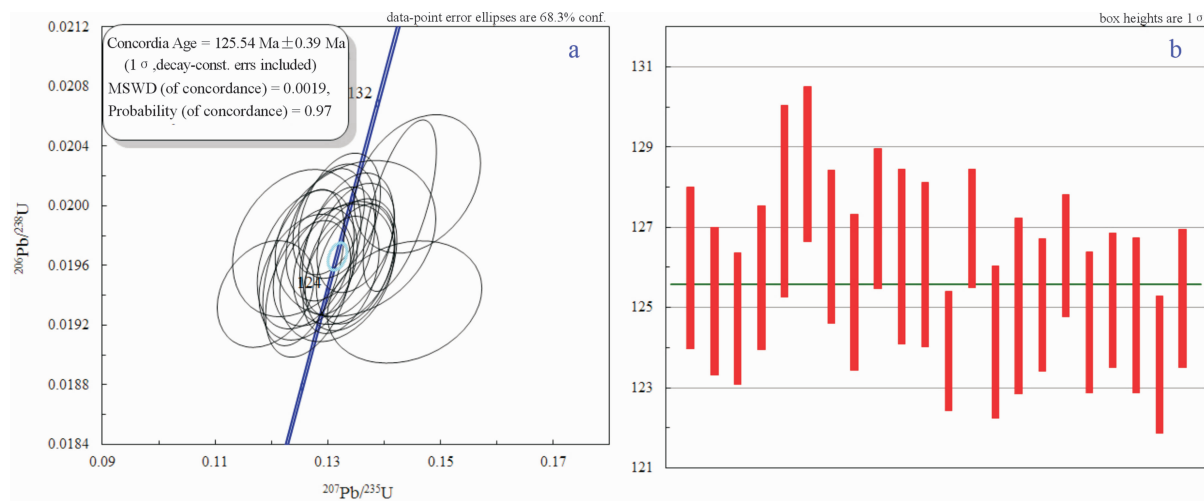
量单位: $w\text{B}/10^{-6}$ 

图 7 RZ35 样品锆石 U-Pb 谐和图

Fig. 7 Zircon U-Pb concordia of sample RZ35

$10^{-6} \sim 1345 \times 10^{-6}$, $w(\text{Th})/w(\text{U})$ 值为 0.96~2.22。

图 7a 为样品的锆石 U-Pb 谐和图, 20 个测试点数据均落在 U-Pb 一致线上或附近的很小范围内, 数据点分布集中。 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为 126 Ma—128.6 Ma, 图 7b 为样品锆石 U-Pb 加权平均年龄 $125.54 \text{ Ma} \pm 0.39 \text{ Ma}$ (MSWD=0.0019, $n=20$)。上述年龄值, 代表斜峭中细粒石英闪长岩的岩浆侵位结晶年龄, 为早白垩世。

4 讨论

4.1 岩体形成时代

1:5 万榜式堡等四幅区域地质调查报告^①引用辽宁省区域地质志资料进行论述, 认为斜峭岩体侵入永宁组, 被晚三叠世的花岗岩侵入, 因此将其置于中三叠世。

1:25 万营口幅区域地质调查报告^②认为斜峭岩体由辽宁区调队(1992)在榜式堡等四幅 1:5 万区调中建立,区域上同期同类岩石呈大范围席状产出,控制其就位的构造应力场为中三叠世自东向西的水平剪切滑脱应力,且侵入其中的其他岩体(北阳岩体)时限为晚三叠世早期,因此将该单元限定于中三叠世。

本次工作采集测试斜峭中细粒石英闪长岩的同位素锆石 U-Pb 年龄为 $125.54 \text{ Ma} \pm 0.39 \text{ Ma}$ 。年龄样品中的锆石颜色单一,晶群集中,改造程度相近,应为同源产物。测试点位均为锆石核部,测试点数据均落在 U-Pb 一致线上或附近很小范围内,所测得的数据应代表了岩浆侵位结晶的时代。分析结果表明,斜峭中细粒石英闪长岩的形成时代应为早白垩世。

4.2 岩体成因及构造环境

斜峭中细粒石英闪长岩在 A/NK—A/CNK 图解(图 8)中显示其属于准铝质岩石,在 FAM 图解(图 9)中样品主要落于 2 区附近,所以认为其为活动陆缘科迪勒拉型 I 型花岗岩^[8]。这与野外多见有闪长质暗色残留体呈团块状出现在岩石中,大小不同,呈现次棱角状相吻合,结合岩石学特征(岩浆分异程度较低),也间接证实了斜峭岩体形成位置较深,推断为下地壳加厚与上地幔岩浆部分熔融所成^[9-10]。

在(Y+Nb)-Rb(图 10)及 Yb-Ta(图 11)图解中,样品全部落于火山弧花岗岩区。在 R1-R2 图解上(图 12),样品落入破坏性活动板块边缘(板块碰撞前)花岗岩。这与区域上构造背景相吻合,也就是

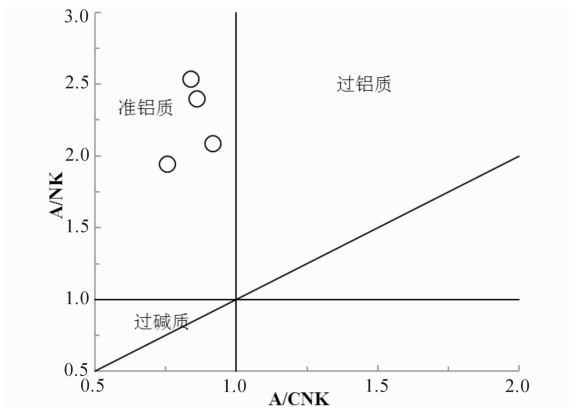


图 8 斜峭中细粒石英闪长岩
A/NK—A/CNK 图解

Fig. 8 A/NK-A/CNK diagram of the medium-fine grained diorite

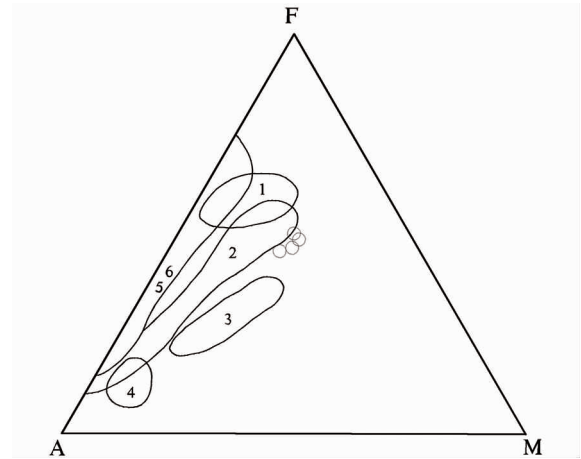


图 9 斜峭中细粒石英闪长岩 FAM 图解

Fig. 9 FAM diagram of the diorite

1. 浦路斯、阿曼大洋碱性花岗岩(幔源);
2. I 型科迪勒拉花岗岩(活动陆缘);
3. I 型加里东花岗岩(碰撞隆起);
4. 澳大利亚二云母堇青石 S 型花岗岩(壳源同碰撞);
5. 澳大利亚东南褶皱带造山后 A 型花岗岩;
6. 尼日利亚非造山 A 型花岗岩

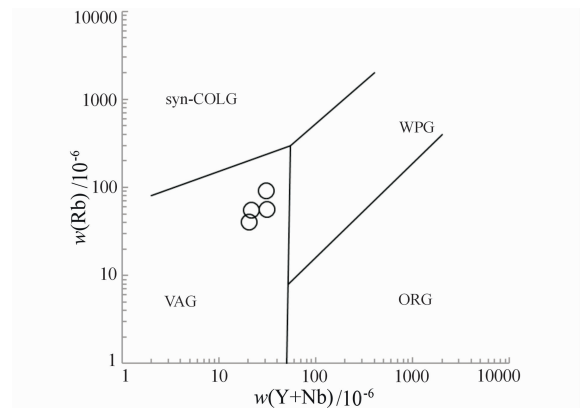


图 10 斜峭中细粒石英闪长岩 Rb-(Y+Nb)图解

Fig. 10 Rb-(Y+Nb) diagram of the diorite

- VAG. 火山弧花岗岩; WPG. 板内花岗岩;
ORG. 洋脊花岗岩; syn-COLG. 同碰撞花岗岩

研究区在早白垩世,受太平洋板块向欧亚板块俯冲,伸展垮塌,岩石圈拆沉导致软流圈上涌^[11-15],最终形成了碰撞前的岩石学上表现为准铝钙碱性的 I 型花岗岩。

5 结论

(1) 辽南庄河斜峭中细粒石英闪长岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为 $125.54 \text{ Ma} \pm 0.39 \text{ Ma}$,时代

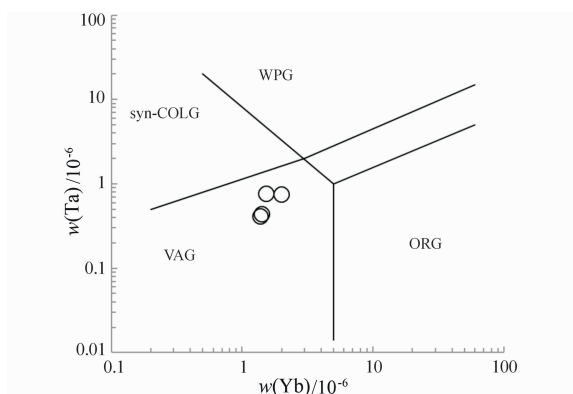


图 11 斜峭中细粒石英闪长岩 Yb-Ta 图解

Fig. 11 Yb-Ta diagram of the diorite

VAG. 火山弧花岗岩; WPG. 板内花岗岩;
ORG. 洋脊花岗岩; syn-COLG. 同碰撞花岗岩

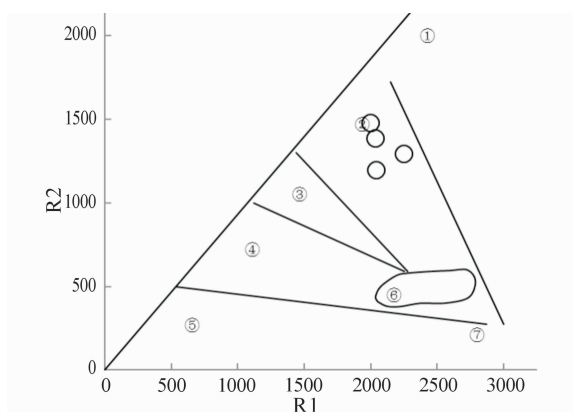


图 12 斜峭中细粒石英闪长岩 R1-R2 图解

Fig. 12 R1-R2 diagram of the diorite

- ①地幔斜长花岗岩;
②破坏性活动板块边缘(板块碰撞前)花岗岩;
③板块碰撞后隆起期花岗岩;④晚造山期花岗岩;
⑤非造山区 A 型花岗岩;⑥同碰撞花岗岩;
⑦造山期后花岗岩

归属于早白垩纪。

(2) 辽南庄河斜峭中细粒石英闪长岩形成于板块碰撞前, 岩浆来源可能为下地壳或太古宙沉积岩的部分熔融。

致谢: 野外工作得到沈阳地质调查中心教授级高级工程师李东涛主任、辽宁省地质矿产调查院各位领导的指导; 在野外采样、数据处理和论文编写中, 得到了辽宁省地质矿产调查院同事的协助。国土资源部沈阳矿产资源监督检测中心、北京燕都中实公司实验测试人员在岩石样品地球化学分析、锆石测年工作预以帮助, 在此一并表示诚挚感谢。

注释:

- ① 辽宁省地质矿产局. 1:5 万榜式堡等四幅区域地质调查报告, 1992.
② 辽宁省地质矿产局. 1:25 万营口市幅区域地质调查报告, 2001.

参考文献:

- [1] 邓晋福, 苏尚国, 刘翠, 等. 关于华北克拉通燕山期岩石圈减薄的机制与过程的讨论: 是拆沉, 还是热侵蚀和化学交代? [J]. 地学前缘, 2006, 13(2): 105-119.
- [2] 牟保磊, 阎国翰. 燕辽三叠纪碱性偏碱性杂岩体地球化学特征及意义[J]. 地质学报, 1992, 66(2): 108-121.
- [3] 陈文, 万渝生, 李华芹, 等. 同位素地质年龄测定技术及应用[J]. 地质学报, 2011, 85(11): 1917-1947.
- [4] Wu F Y, Yang Y H, Xie L W, et al. Hf isotopic compositions of the standard zircons and baddeleyites used in U-Pb geochronology [J]. Chem. Geol., 2006, 234: 105-126.
- [5] Chu N C, Taylor R N, Chavagnac V, et al. Hf isotope ratio analysis using multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry: an evaluation of isobaric interference corrections [J]. Anal. At. Spectrom., 2002, 17: 1567-1574.
- [6] 李艳广, 汪双双, 刘民武, 等. 斜锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年方法及应用[J]. 地质学报, 2015, 89(12): 2400-2418.
- [7] 赵振华. 关于岩石微量元素构造环境判别图解使用的有关问题[J]. 大地构造与成矿学, 2007, 31(1): 92-103.
- [8] 李壮, 孟恩, 裴福萍, 等. 辽宁大石桥早白垩世建一岩体年代学、地球化学及成因研究[J]. 地质与资源, 2016(2): 101-107.
- [9] 刘杰勋, 郭巍, 朱凯. 辽东岫岩地区早白垩世侵入岩的年代学、地球化学及地质意义[J]. 岩石学报, 2016, 32(9): 2889-2900.
- [10] 曹花花. 华北板块北缘东段晚古生代—早中生代火成岩的年代学与地球化学研究[D]. 长春: 吉林大学, 2013.
- [11] 杨进辉, 吴福元, 钟孙霖, 等. 华北东部早白垩世花岗岩侵位的伸展地球动力学背景: 激光⁴⁰Ar/³⁹Ar 年代学证据[J]. 岩石学报, 2008, 24(6): 1175-1184.
- [12] 肖庆辉, 邓晋福, 邱瑞照, 等. 花岗岩类与大陆地壳生长初探: 以中国典型造山带花岗岩类岩石的形成为例[J]. 中国地质, 2009, 36(3): 594-621.
- [13] 吴福元, 孙德有. 中国东部中生代岩浆作用与岩石圈减薄[J]. 长春科技大学学报, 1999, 29(4): 1154-1166.
- [14] 吴福元, 杨进辉, 柳小明. 辽东半岛中生代花岗岩类岩浆作用的年代学格架[J]. 高校地质学报, 2005, 11(3): 305-317.
- [15] 张允平. 东北亚地区晚侏罗—白垩纪构造格架主体特点[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2011(5): 1267-1284.

LA-ICP-MS zircon U-Pb dating and geochemical characteristics of Xieshao intrusive body in Zhuanghe area of the South Liaoning province

LIU Wenbin

(*Liaoning Survey Academy of Geology and Mineral Resources, Shenyang 110031, China*)

Abstract: Xieshao intrusive body occurs in Muyushan-Xieshao area of Zhuanghe city in South Liaoning province. It is lithologically dominated by medium-fine grained diorite. Its weighted average zircon $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age is $125.54 \text{ Ma} \pm 0.39 \text{ Ma}$ thus it was formed in Early Cretaceous epoch. The diorite is geochemically characterized by $w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) = 4.3\% \sim 5.6\%$; calc-alkali series the averaged Riemann index $= 1.75$; quasi-aluminum type, the averaged Al saturation index $A/\text{CNK} = 0.84$; crystal derivation, $w(\Sigma\text{REE}) = 151.01 \times 10^{-6}$, indistinct Europium series, REE pattern declined to right, LREE enrichment, HREE depletion, large ion lithophile element enrichment and high field strength element depletion. It belongs to syn-collision Cordillera (I) type granite.

Key Words: Xieshao intrusive body; zircon U-Pb age; geochemistry characteristics; the South Liaoning province