

黑龙江省东部依兰地区金沟花岗岩的锆石 U-Pb 定年及其地质意义

赵立国,王建民,王 磊,李娟娟

黑龙江省地质调查研究总院 齐齐哈尔分院,黑龙江 哈尔滨 150036

摘 要 :为查明黑龙江岩群的形成时代及其构造背景,对出露于黑龙江省东部依兰地区侵入黑龙江岩群的金沟花岗岩体进行了锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年研究。结果显示:D2279 样品锆石多具有清晰的生长振荡环带,其 Th/U 比值多在 0.1~1 之间,属于典型的岩浆成因锆石,获得的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 261.18 ± 0.74 Ma ($n=20$, MSWD=0.66),代表了岩体结晶年龄。金沟花岗岩体形成时代的厘定,不仅限定了黑龙江岩群的形成时代,同时为进一步探讨佳木斯地块晚古生代构造演化提供了新证据。

关键词 :晚古生代花岗岩;LA-ICP-MS U-Pb 定年;黑龙江岩群;佳木斯地块;黑龙江省

DOI:10.13686/j.cnki.dzyzy.2016.05.003

ZIRCON U-Pb DATING AND GEOLOGICAL IMPLICATION OF THE JINGOU GRANITE IN YILAN AREA, EASTERN HEILONGJIANG PROVINCE

ZHAO Li-gou, WANG Jian-min, LI Juan-juan

Qiqihar Branch, Heilongjiang Institute of Geological Survey, Harbin 150036, China

Abstract :The LA-ICP-MS U-Pb dating is researched for zircon from the Jingou granite in Heilongjiang rock group, which occurs in Yilan area of the Eastern Heilongjiang Province, to identify the formation age and tectonic setting of the Heilongjiang rock group. The results show that the zircon in the sample of D2279 has a clear growth zoning, with Th/U ratios mostly between 0.1 and 1, belonging to typical magmatic zircons. The $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ weighted average age is (261.18 ± 0.74) Ma ($n=20$, MSWD=0.66), which represents the crystallization age of the rock. The definition of the age of Jingou granite not only defines the forming age of Heilongjiang rock group, but also provides new evidence for further exploration of the Late Paleozoic tectonic evolution of Jiamusi block.

Key words :Late Paleozoic granite; LA-ICP-MS U-Pb dating; Heilongjiang rock group; Jiamusi block; Heilongjiang Province

0 前言

佳木斯地块位于黑龙江省东部,大地构造位置处于天山-兴蒙造山系东部,东邻完达山结合带,西侧以嘉荫-牡丹江断裂为界与小兴安岭-张广才岭弧盆系相接,北延入俄罗斯境内,南边受郭化-密山断裂控制。佳木斯地块属于中亚造山带中多个微陆块之一^[1],其形成与演化对探索中亚造山带的构造演化具有重要的意义。黑龙江省地质矿产局将黑龙江杂岩划分为前寒武纪变质地层^[2],并将其作为佳木斯地块重要的组

成部分,称黑龙江群,国内众多学者^[3-7]对黑龙江杂岩进行了研究,明确提出了原黑龙江群是由不同时代、不同变质特征、不同构造背景下形成的岩石构造混杂体,为佳木斯地体俯冲拼贴过程中形成的具有类似蛇绿岩层序的混杂岩带,为典型的由地体俯冲拼贴而形成的高压变质带之一。

黑龙江杂岩在佳木斯地块分布于嘉荫、依兰、桦南、穆棱、虎林等地,众多学者对其形成时代进行了研究,观点不尽一致。本文重点对出露于依兰地区侵入黑

收稿日期:2016-04-08,修回日期:2016-07-04,编辑:张哲。

基金项目:中国地质调查局项目“黑龙江 1:25 万佳木斯市(L52C002003)、双鸭山市(L52C002004)幅区调修测”(项目编码 1212011120729)。

作者简介:赵立国(1965—),男,高级工程师,从事区域地质调查工作,通信地址:黑龙江省哈尔滨市香坊区中山路 65 号地矿大厦, E-mail://zlg651102@163.com

龙江杂岩的金沟岩体二长花岗岩进行锆石测年研究, 进而对黑龙江杂岩的时代进行探讨^①。晚二叠世中细粒二长花岗岩($\eta\gamma P_3$)分布于黑龙江杂岩的西侧, 呈不规则状产出(图 1)。岩体产状多为中深成相的大型岩基, 相对剥蚀深度为中等。

1 岩石学特征

金沟岩体岩石多为中细粒二长花岗岩, 呈褐色、黄褐色, 中细粒花岗结构, 块状构造。主要矿物钾长石: 他形粒状, 大小 2~4.5 mm, 含量 43%~52%; 斜长石: 自形粒状或短柱状, 大小 2~3.5 mm, 含量 21%~32%; 石英: 他形粒状, 波状消光, 大小 0.5~4 mm, 含量 25%~32%; 黑云母: 黑色片状均匀分布, 大小 0.3~1 mm, 含量 1%~2%。岩石副矿物为极少量磁铁矿。

2 岩石地球化学特征

对金沟岩体采取了常量、稀土、微量元素的样品。主量元素由经 X 射线荧光熔片法测定, 稀土、微量元素由 ICP-MS 法测定。结果(表 1)表明 SiO_2 含量为 66.66%~75.68%, 平均值为 71.73%; Al_2O_3 含量为 12.24%~16.35%, 平均值 13.78%; CaO 含量为 0.45%~3.13%, 平均值 1.75%; Na_2O+K_2O 为 7.42%~8.72%, 平均值 8.04; Na_2O/K_2O 为 0.59~1.22, 平均值 0.85, 大部分样品 K_2O 含量大于 Na_2O 含量, 岩石相对富钾, μ 值为 1.85~2.69, 平均值 2.29。从碱度率图(图 2)上可以看出, 金沟岩体主要落入碱性岩内, 个别落入钙碱性岩区域内, 暗示金沟岩体以碱性岩为主; 分异指数(DI)75.99~92.82, 显示岩石应属高度分异的产物; 大部分 A/CNK(分子数)值大于 1, 反映岩石具相对过铝的特征。通过对样品进行硅-碱投图(图 3)、 $OI'-Ne'-Q'$ 投图(图 4), 可以看出金沟岩体属亚碱性岩系列。进而通过 AFM 图解(图 5)判断, 样品点全部落入钙碱性岩套中。因此金沟岩体应为亚碱性岩系中的钙碱性岩套岩石。

稀土元素总量(表 2)($\sum REE$)为 $93.7 \times 10^{-6} \sim 97.7 \times$

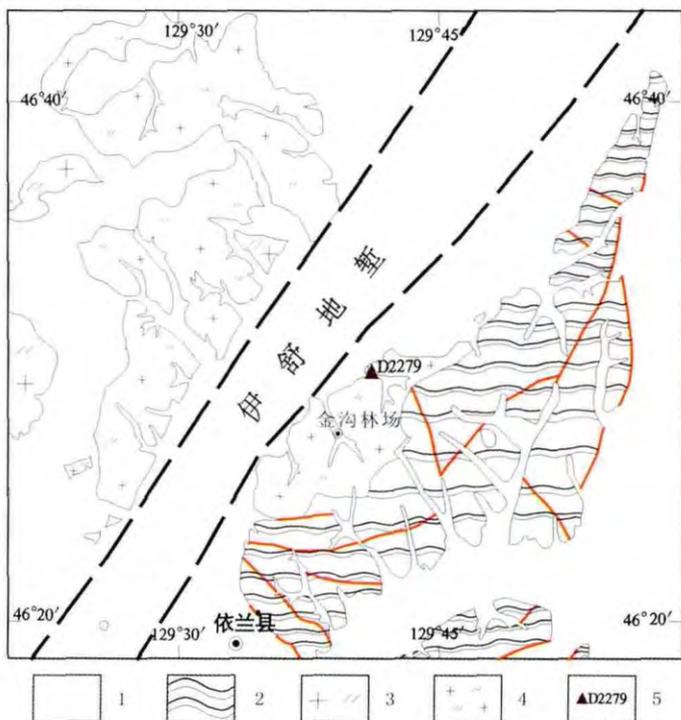


图 1 黑龙江依兰地区地质简图

Fig. 1 Geological sketch map of Yilan area, Heilongjiang Province
1—中-新生代盖层 (Mesozoic-Cenozoic cap rock) 2—黑龙江杂岩(Heilongjiang complex) 3—晚三叠世中粒二长花岗岩 (Late Triassic medium grained monzogranite) 4—晚二叠世中细粒二长花岗岩(Late Triassic medium-fine grained monzogranite) 5—采样位置(sampling position)

表 1 岩石化学分析结果表

Table 1 Geochemical composition analysis result

样品号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOS	Total
LT43	75.14	0.14	12.41	0.75	1.94	0.03	0.46	1.03	3.35	4.63	0.08	0.08	100.04
LT32	72.22	0.25	12.58	1.10	2.82	0.05	0.98	2.34	3.71	4.10	0.07	0.04	100.26
LT9	75.62	0.06	12.86	0.55	1.00	0.01	0.45	1.32	3.35	4.41	0.05	0.22	99.91
D4275	71.16	0.29	13.69	1.06	2.18	0.04	0.72	1.57	3.53	3.89	0.10	1.58	99.82
D3290	75.68	0.09	12.24	0.44	1.80	0.02	0.25	0.45	3.10	5.30	0.04	0.14	99.55
D3241	71.26	0.99	13.24	0.74	1.72	0.01	0.93	2.05	3.92	4.80	0.04	0.01	99.72
D3243	70.97	1.07	13.59	0.83	2.61	0.04	0.48	1.36	3.77	4.88	0.05	0.14	99.78
D3213	72.20	0.30	13.16	1.13	2.11	0.02	0.43	1.15	3.08	5.17	0.08	0.58	99.40
D3207	69.84	0.27	15.44	0.52	2.77	0.03	0.50	1.89	4.44	3.62	0.10	0.80	100.22
D2279	68.26	0.41	16.04	0.56	2.30	0.03	0.61	2.97	3.88	4.05	0.10	0.50	99.72
D2278	66.66	0.49	16.35	0.65	3.08	0.03	0.81	3.13	4.12	3.67	0.18	0.50	99.68
均值	71.73	0.40	13.78	0.76	2.21	0.03	0.60	1.75	3.66	4.41	0.08	0.42	99.83

测试单位: 中国地质调查局沈阳地质调查中心实验室, 含量单位: %。

①黑龙江处地质调查总队. 黑龙江 1:25 万佳木斯区调报告. 2013.

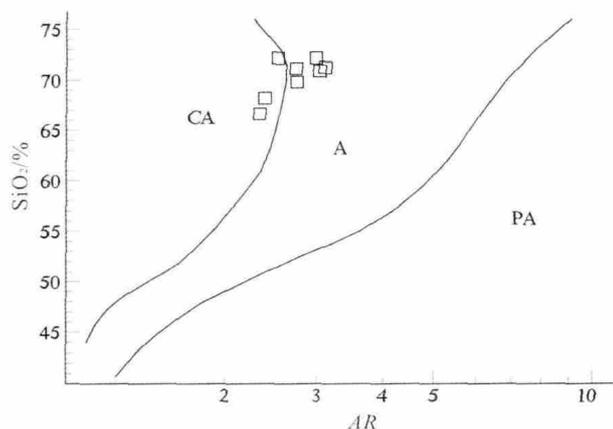


图 2 碱度率图解

(据 J.B. Wright ,1969)

Fig. 2 Diagram of alkalinity ratio

(After J.B. Wright ,1969)

CA—钙碱性(calcium-alkaline) ;A—碱性(alkaline) ;

PA—过碱性(peral-kaline)

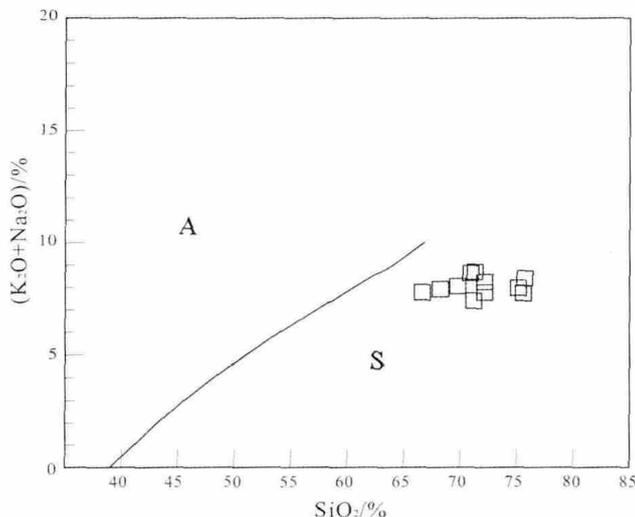


图 3 碱-二氧化硅图解

(据 T.N. Irvine, 1971)

Fig. 3 The SiO₂ vs. K₂O+Na₂O diagram

(After T.N. Irvine, 1971)

A—碱性区(alkaline area) S—亚碱性区(subalkaline area)

表 2 稀土元素分析结果及部分特征参数表

Table 2 REE analysis result and characteristic parameters

样品号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho
LT43	17.7	9.0	34.9	2.3	7.0	1.7	0.2	1.8	0.4	2.6
LT32	19.3	30.3	55.1	6.4	19.3	3.4	0.7	3.4	0.5	3.0
LT9	1.3	6.1	12.8	1.3	3.3	0.4	0.5	0.5	0.0	0.2
D4275	13.6	35.7	66.4	7.4	22.1	3.8	1.0	3.6	0.5	2.6
D3290	20.4	3.5	18.1	1.0	3.3	0.9	0.1	1.2	0.3	2.6
D3241	16.1	32.9	30.7	5.3	18.3	3.4	0.3	2.7	0.4	2.7
D3243	16.2	28.9	80.7	5.8	18.2	3.3	0.6	2.9	0.4	2.8
D3213	7.2	25.2	51.0	5.2	17.5	2.9	0.8	2.3	0.2	1.4
D3207	13.8	31.0	54.6	6.1	21.0	3.8	0.9	3.0	0.4	2.6
D2279	11.5	29.0	56.4	6.7	23.3	4.3	1.2	3.1	0.4	2.4
D2278	15.5	35.1	64.8	7.7	27.6	5.1	1.3	3.7	0.5	3.1
均值	13.87	24.24	47.77	5.01	16.43	3.00	0.69	2.56	0.39	2.37
样品号	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	LREE	HREE	LR/HR	δEu
LT43	0.6	2.0	0.4	2.6	0.5	83.6	55.1	10.9	5.1	0.4
LT32	0.6	2.1	0.4	2.3	0.4	147.2	115.1	12.8	9.0	0.6
LT9	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	26.8	24.4	1.2	21.3	3.1
D4275	0.5	1.5	0.2	1.5	0.3	160.7	136.3	10.7	12.8	0.8
D3290	0.6	2.2	0.4	3.1	0.6	58.5	27.0	11.1	2.4	0.4
D3241	0.6	1.6	0.3	1.9	0.3	117.5	90.9	10.5	8.6	0.3
D3243	0.6	1.8	0.4	2.5	0.4	165.4	137.4	11.8	11.6	0.6
D3213	0.3	0.7	0.1	0.7	0.1	115.4	102.5	5.6	18.2	0.9
D3207	0.5	1.3	0.2	1.4	0.2	140.8	117.3	9.7	12.1	0.8
D2279	0.4	1.1	0.2	1.1	0.2	141.4	121.0	8.8	13.7	1.0
D2278	0.6	1.5	0.2	1.4	0.2	168.4	141.7	11.3	12.6	0.9
均值	0.48	1.47	0.25	1.69	0.29	120.51	97.15	9.49	11.57	0.89

分析单位:中国地质调查局沈阳地质调查中心实验室.含量单位:10⁻⁶.

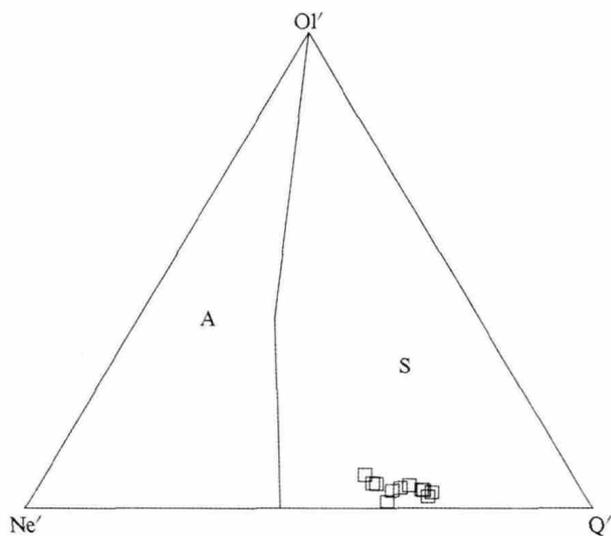


图 4 Ol'-Ne'-Q'图解
(据 T.N. Irvine, 1971)

Fig. 4 The Ol'-Ne'-Q' diagram
(After T.N. Irvine, 1971)

A—碱性区(alkaline area) S—亚碱性区(subalkaline area)

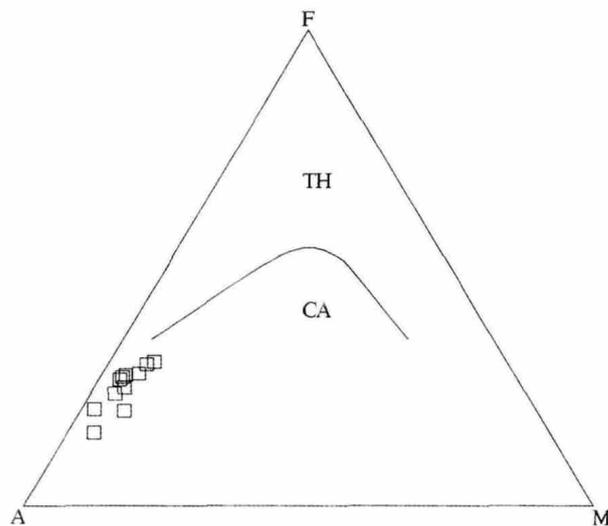


图 5 AFM 图解

(据 T.N. Irvine, 1971)

Fig. 5 The AFM diagram

(After T.N. Irvine, 1971)

TH—拉斑玄武岩套(tholeiite basalt) CA—钙-碱性岩套(calc-alkaline suite)

10^{-6} , 平均 95.73×10^{-6} , 轻重稀土比值(LREE/HREE)为 8.0~14.7, 平均 11.35, 反映了明显的富集轻稀土 δEu 平均为 0.5~1.3. 在稀土配分模式曲线图(图 6)上, 曲线呈“V”型, 总体呈不对称平缓的右倾, 显示轻稀土富

集型, 中等铈亏损型.

通过对微量元素分析结果(表 3)进行投图, 可以看出整体上 K、Zr 元素相对富集, 而 La、Sr 元素相对亏损(图 7).

表 3 微量元素分析结果表

Table 3 Trace element analysis result

样品号	Li	Sc	Ga	Cs	Th	U	Cr	Rb	Sr	Zr	Hf	Ta	B	Sn
LT43	23.66	0.99	12.08	5.48	16.50	8.85	7.34	179.59	49.34	98.32	3.80	1.01	5.22	9.12
LT32	45.59	2.65	15.89	9.65	12.06	7.85	10.37	156.32	164.17	142.14	5.21	0.67	5.85	10.57
LT9	8.53	0.65	14.23	1.26	3.30	0.67	5.53	111.64	220.63	24.94	1.25	0.11	6.20	3.11
D4275	23.89	3.08	19.31	4.15	7.25	2.52	8.53	111.15	208.90	189.38	5.92	1.57	4.56	3.86
D3290	11.94	1.43	11.01	9.90	12.30	8.36	5.58	296.91	30.57	75.04	3.75	1.00	7.06	9.33
D3241	10.41	2.10	13.47	4.22	12.71	8.27	7.04	120.04	81.67	135.66	4.61	0.78	7.15	5.99
D3243	20.80	2.07	16.12	4.75	9.22	5.01	9.73	150.55	112.97	193.16	5.65	1.20	7.34	3.34
D3213	7.96	1.58	14.78	1.75	11.45	1.27	4.87	129.91	444.14	111.17	3.86	0.19	8.09	2.89
D3207	30.35	2.97	19.31	4.78	9.44	2.12	4.48	121.20	451.61	164.26	4.99	0.75	11.31	5.92
D2279	39.08	3.13	17.06	3.38	5.78	1.16	6.66	128.98	607.96	120.59	4.06	0.58	13.25	4.38
D2278	20.67	4.54	17.87	2.67	5.36	1.64	7.09	86.90	637.39	144.05	5.01	0.62	7.70	3.43
均值	22.08	2.29	15.56	4.73	9.58	4.34	7.02	144.84	273.58	127.16	4.37	0.77	7.61	5.63

含量单位: 10^{-6} .

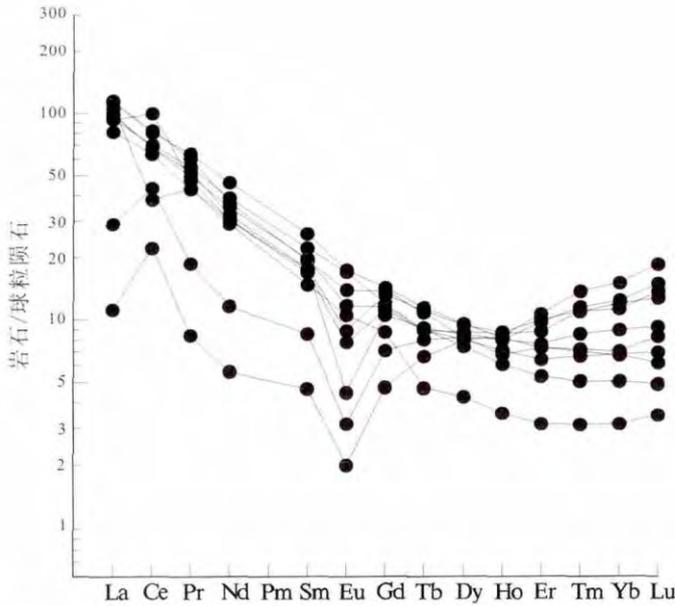


图6 稀土元素配分曲线图
(据 Coryell, 1963)

Fig. 6 REE distribution pattern diagram
(After Coryell, 1963)

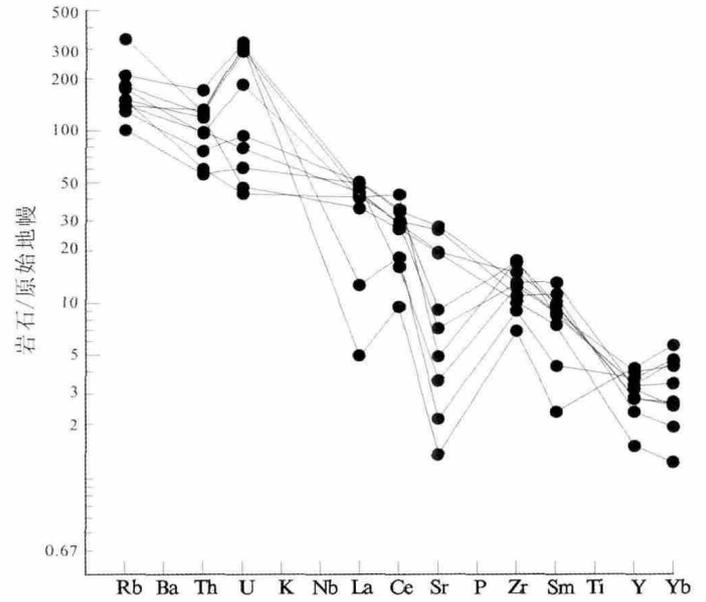


图7 微量元素蛛网曲线图
(据 Wood, 1979)

Fig. 7 Trace element spider diagram
(After Wood, 1979)

4 测试结果

在金沟地区采取了1件锆石 U-Pb 定年样(编号 D3207),从样品分离出的锆石晶体呈无色或淡黄色,柱状,大部分形态较完整,晶体棱角分明,阴极发光图像(图8)显示其具有清晰的生长振荡环带,Th/U 比值一般较高,多在0.1~1之间,具有岩浆锆石的特点.从锆石 U-Pb 定年分析结果(表4)可以看出,25颗锆石年龄在247~279 Ma之间.从U-Pb 年龄谐和图(图8)可以看出1~4、6~14、16~18、21、22、24、25号等20

颗锆石所测的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 和 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 表面年龄数据点全部落入谐和线上,获得 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄在260~266 Ma之间,加权平均值 $261.18 \pm 0.74 \text{ Ma}$ ($n=20$, MSWD=0.66).该年龄代表了岩体的形成年龄.因此位于依兰地区的金沟花岗岩的结晶年龄为 $261.18 \pm 0.74 \text{ Ma}$,形成时代应为晚二叠世.

5 讨论

锆石 U-Pb(LA-ICP-MS)测年结果显示,黑龙江

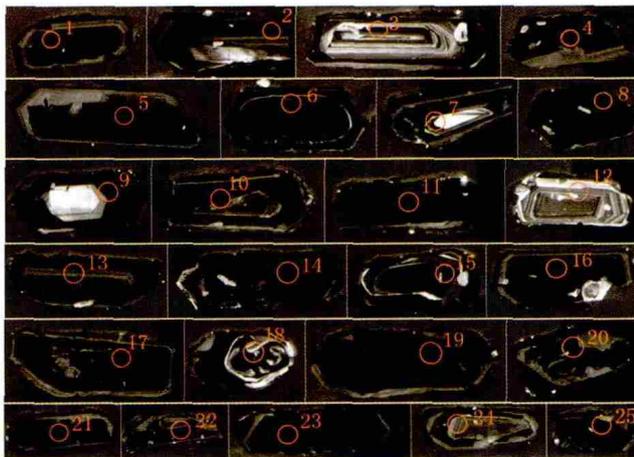


图8 D3207 锆石阴极发光照片及年龄谐和图

Fig. 8 CL images and U-Pb concordia diagram of zircons from sample D3207

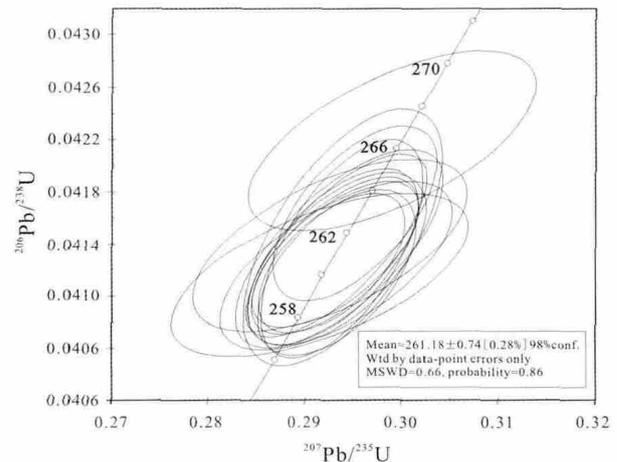


表 4 依兰地区金沟岩体 D3207 点花岗岩锆石 LAM-ICP-MS 分析结果

Table 4 LAM-ICP-MS dating analysis of zircon from sample D3207 of Jingou granite in Yilan area

点号	含量/ 10^{-6}		同位素比值			年龄/Ma					
	Pb	U	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	1σ	err/%	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ
1	76	1901	0.1586	0.0001	0.09	261	2	261	4	265	34
2	88	2128	0.1712	0.0017	0.97	261	2	262	3	269	22
3	31	730	0.2897	0.0004	0.15	260	2	260	6	256	46
4	129	3262	0.1349	0.0002	0.15	260	2	261	3	270	22
5	109	2946	0.0985	0.0005	0.55	247	1	254	3	316	23
6	121	3010	0.1846	0.0024	1.30	260	2	260	3	256	22
7	109	2646	0.2169	0.0026	1.19	262	3	262	4	261	24
8	115	2960	0.1033	0.0002	0.20	261	2	261	3	264	23
9	149	3544	0.2064	0.0005	0.24	262	2	262	3	263	27
10	47	1108	0.3767	0.0020	0.53	260	2	260	4	257	29
11	37	881	0.2237	0.0003	0.15	261	2	261	5	252	40
12	76	1881	0.1978	0.0010	0.50	261	2	261	3	261	26
13	141	3547	0.1293	0.0004	0.32	261	2	261	3	269	22
14	130	3010	0.1686	0.0020	1.16	263	2	263	3	260	23
15	83	1771	0.2644	0.0038	1.45	260	2	446	7	1572	31
16	145	3432	0.5484	0.0038	0.69	262	2	262	3	263	23
17	93	2236	0.1677	0.0010	0.62	262	2	262	4	270	30
18	107	2714	0.1396	0.0003	0.24	260	2	260	3	261	23
19	53	1251	0.0628	0.0005	0.83	279	2	332	8	721	46
20	180	3396	0.2672	0.0010	0.39	261	2	607	18	2273	44
21	134	3436	0.1135	0.0013	1.10	261	2	261	3	268	21
22	116	2951	0.1021	0.0002	0.20	261	2	261	3	261	22
23	53	1220	0.1751	0.0016	0.92	257	2	419	11	1450	46
24	126	3238	0.0961	0.0002	0.16	261	2	261	3	263	25
25	150	3120	0.1190	0.0003	0.23	266	2	266	5	258	38

省东部的依兰地区金沟岩体的形成时代为晚二叠世,与佳木斯地块南部牡丹江-鸡西一带的青山岩体(270±4 Ma)、楚山岩体(256±5 Ma)、柴河岩体(254±4 Ma)佳木斯地块中部桦南一带的美作岩体(259±3.6 Ma)等形成于同一时代。

依兰地区金沟花岗岩地球化学特征显示富含 SiO₂、K₂O 相对贫铁、镁、钙的特点,为钙碱性、高钾性花岗岩,这与佳木斯地块的美作岩体、青山岩体、楚山岩体、柴河岩体等是基本相同的。在 R₁-R₂ 图解(图 9)中,金沟花岗岩多投到同碰撞期,部分投到碰撞后抬升区域,可能是大洋板块向佳木斯地块消减行将结束的反映。这与佳木斯地块的美作岩体、青山岩体、楚山岩体、柴河岩体等形成环境是一致的。由此可以判断佳木斯地块晚二叠纪早期洋-陆碰撞产生了大规模岩浆事件。

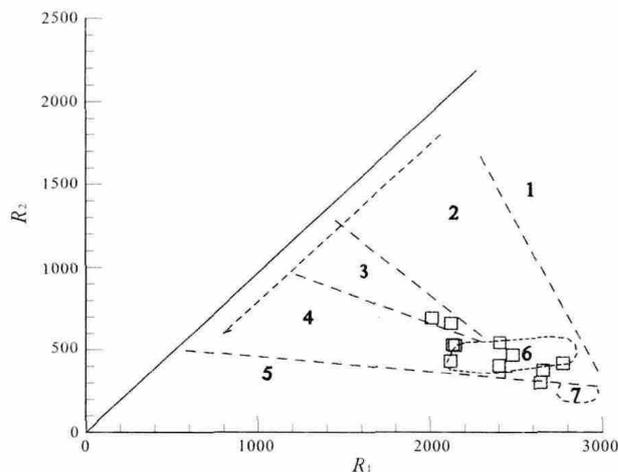


图 9 金沟花岗岩 R₁-R₂ 图解

(据 Batchelor & Bowden, 1985)

Fig. 9 The R₁-R₂ diagram of Jingou granite

(After Batchelor & Bowden, 1985)

1—地幔分离(mantle separation) 2—板块碰撞前(pre-collision) 3—碰撞后的抬升(post-collision uplifting) 4—造山晚期(late orogeny) 5—非造山(anorogeny) 6—同碰撞期(syn-collision) 7—造山期后(post-orogeny)

6 结论

(1) 黑龙江省东部的依兰地区金沟花岗岩 U-Pb (LA-ICP-MS) 测年结果(261.18 ± 0.74 Ma) 显示, 它与佳木斯地块南部牡丹江-鸡西一带的青山岩体、楚山岩体、柴河岩体, 佳木斯地块中部桦南一带的美作岩体等均形成于同一构造环境。

(2) 分布于黑龙江省东部依兰地区金沟花岗岩可能与古亚洲洋俯冲有关。

(3) 由于依兰地区金沟花岗岩侵入黑龙江杂岩, 因此黑龙江杂岩应形成于晚二叠世以前。

参考文献:

- [1] 李锦轶, 牛宝贵, 宋彪, 等. 长白山北段地壳的形成与演化[M]. 北京: 地质出版社, 1999: 46-69.
- [2] 黑龙江省地质矿局. 黑龙江省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- [3] 曹熹, 党增欣, 张兴洲. 佳木斯地块复合体[M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1992: 45-126.
- [4] 张兴洲. 佳木斯地体的早期碰撞史: 黑龙江岩系的构造-岩石学证据[D]. 长春: 长春地质学院, 1992.
- [5] Wilde S A, 吴福元, 张兴洲. 中国东北麻山杂岩晚泛非期变质的锆石 SHRIMP 年龄证据及全球大陆再造意义[J]. 地球化学, 2001, 30(1): 35-50.
- [6] Wu F Y, Yang J H, Lo C H, et al. The Heilongjiang Group: A Jurassic accretionary complex in the Jiamusi Massif at the western Pacific margin of northeastern China [J]. The Island Arc, 2007, 16(1): 156-172.
- [7] 吴福元, Wilde S A, 孙德有. 佳木斯地块片麻状花岗岩的锆石离子探针 U-Pb 年龄[J]. 岩石学报, 2001, 17(3): 443-452.