

冀西北马市口地区紫苏花岗岩的 岩石学 地球化学和同位素年代学

耿元生 刘敦一

(中国地质科学院地质研究所, 北京 10037)

主题词 紫苏花岗岩 地球化学 同位素年代学 冀西北

提 要 马市口地区的紫苏花岗岩在化学成分上多为英云闪长质, 其稀土元素具有强烈分馏的特点, K/Rb 比值界于 500—1000 之间, 这些特征与世界上一些典型的灰色片麻岩特征相一致。采用单颗粒锆石化学法测定的本区紫苏花岗岩的生成年龄为 $2461 \pm 1\text{Ma}$ 和 $2477_{-71}^{+85}\text{Ma}$ 。此后紫苏花岗岩又经历了 1800Ma 左右的后期退变质和变形的改造。由于后期改造使部分岩石发生 Pb 丢失, 产生了 2274Ma 的不确切年龄。

1 地质产状和岩石学特征

冀晋蒙交界处出露的麻粒岩相深变质岩石曾被称为桑干群或下集宁群, 近年研究表明, 该区出露的岩石 80% 以上是侵入成因的花岗质杂岩^[1]。研究区位于冀西北怀安县西北马市口一带, 其西北与内蒙古交界, 其西南与山西省毗邻。这一带出露的岩石主要为紫苏英云闪长质片麻岩和紫苏花岗闪长质片麻岩或麻粒岩。在这些片麻岩和麻粒岩中有一些粗粒的紫苏花岗岩, 它们与周围的片麻岩及麻粒岩局部呈侵入接触关系。此外, 在紫苏花岗岩中可以见到片麻岩和基性麻粒岩的包裹体, 表明紫苏花岗岩比英云闪长质和花岗闪长质片麻岩及麻粒岩形成晚。

紫苏花岗岩在平面上呈椭圆状 豆荚状, 宽数百米, 延长可达几公里。紫苏花岗岩体内部呈块状构造或弱片麻状构造, 而边部变形加强, 形成较强的片麻理, 由于边部较强的变形改造, 使它们与周围的片麻岩和麻粒岩在大部分地段呈过渡关系, 只有在变形较弱的部位才可见到紫苏花岗岩与其围岩呈侵入接触关系。

紫苏花岗岩和其周围的片麻岩、麻粒岩有时在化学成分上比较接近(见表 1 和图 1), 但它们在岩石学上有明显的区别。紫苏花岗岩通常不含黑云母, 或很少含黑云母, 而片麻岩或麻粒岩常含一定数量的黑云母, 最高可达 10% 以上; 紫苏花岗岩岩体内部多为块状、弱片麻状构造, 而片麻岩由于含较多的黑云母则具明显的片麻状构造; 紫苏花岗岩常为粗粒花岗变晶结构, 片麻岩则多为中细粒柱状变晶结构。它们之间另一个明显的区别是, 紫苏花岗岩中的长石和石英多为暗色, 岩石表面呈灰黑色; 而片麻岩中的长石为白色, 石英为无色透明, 岩石为灰白色, 根据以上差异, 在野外可以把紫苏花岗岩和片麻岩区分开。

本文为国家自然科学基金资助 49070125 项目成果之一。
本文于 1996 年 4 月收到, 1996 年 6 月改回。

本区紫苏花岗岩主要由斜长石、石英、紫苏辉石、透辉石组成,部分样品中含有微斜长石或条纹长石,此外,还含有微量的角闪石和黑云母,它们多为退变质的产物,副矿物以磁铁矿为主,并有少量的磷灰石、锆石等。斜长石是紫苏花岗岩中最主要的组成矿物,其含量可达 60% - 75%,多为 $An=35-45$ 的中长石,且多边形粒状或不规则粒状,可见清晰至不清晰的聚片双晶。一些长石晶体中包有小颗粒的紫苏辉石或透辉石,有的斜长石晶体中有蠕虫状石英颗粒,构成蠕英结构。石英含量一般为 10% - 15%,多为不规则粒状,有时构成不规则条带状集合体。有的样品中含有少量的微斜长石或条纹长石,它们或具格子状双晶,或具豆荚状斜长石条纹。紫苏辉石含量一般为 5% - 10%,多为不规则粒状,具浅灰绿色至粉色的多色性,平行消光,有时在紫苏辉石晶体的边部出现细粒的磁铁矿和黑云母,它们是紫苏辉石退化变质的产物。透辉石含量一般较少,呈粒状至不规则粒状,有的透辉石晶体中有出溶条纹,构成不完整的席列构造。斜长石晶体之部以及它们与紫苏辉石、透辉石之间常有 120° 交角的三接点结构,表明它们是平衡共生的。

2 紫苏花岗岩的地球化学特征

研究区内的紫苏花岗岩的化学成分如表 1 所示,其中也列出了片麻岩和基性麻粒包体的化学成分,以便对比。从该表中可以看出,本区紫苏花岗岩以中性为主,部分为酸性, SiO_2 含量最高可达 72.67%。 CaO 、 MgO 、 Al_2O_3 和 $TFeO$ (全铁) 含量随 SiO_2 含量的增大而减少,显示出正常岩浆结晶的变化趋势,这种趋势与冀东地区太古宙紫苏花岗岩^[2]及世界上一些典型太古宙高级区的灰色片麻岩的特点一致。除一个样品(Z92182)的 Al_2O_3 的含量为 14.88% 之外,其余样品的 Al_2O_3 含量均大于 15%,最高可达 20.48%,相当于太古宙大陆高铝型英云闪长岩和奥长花岗岩^[3,4]。所有样品的 Na_2O 含量大于 K_2O 含量,其 Na_2O/K_2O 比值界于 1.21 至 4.10 之间。在标准矿物的 $An-Ab-Or$ 图上多数样品落于英云闪长岩区,个别样品位于花岗闪长岩区和奥长花岗岩区(图 1)。本区紫苏花岗岩常量元素方面的这些特征与世界上典型的灰色片麻岩的特征^[5]一致。本区紫苏花岗岩的 K/Rb 比值多在 500 至 1000 之间(图 2),界于典型的亏损型麻粒岩和富集型麻粒岩之间,与冀东地区紫苏花岗岩相比,虽然在 K/Rb 比值上与冀东北部太平寨地区亏损型麻粒岩相近,但由于本区紫苏花岗岩的 K_2O 含量多大于 1%,所以在 K_2O-Rb 图上的位置明显不同。与冀东南部水厂、羊崖山、松汀等地未亏损型紫苏花岗岩^[2,6]相比,本区的紫苏花岗岩的 K/Rb 比值则要高得多。本区紫苏花岗岩大离子亲石元素亏损、 K/Rb 比值大的特征与印度南部紫苏花岗岩^[7]及苏格兰刘易斯麻粒岩相片麻岩^[8]的特征一致。

本区紫苏花岗岩的稀土元素含量变化较大,从 $37.15(10^{-6})$ 到 $199.48(10^{-6})$,其中大多数样品的稀土元素含量大于 $100(10^{-6})$ (表 1)。这些样品都具有强烈分馏的稀土元素模式(图 3),其 $(La/Yb)_N$ 值从 13.5 到 58,轻稀土元素富集,重稀土元素亏损,EU 的异常不明显,这种稀土元素特征与格陵兰、澳大利亚、芬兰等地太古宙 TTG 岩石的稀土元素特征^[9]相近,并与冀东羊崖山等地紫苏花岗岩的稀土元素特征^[2]相似。从图 3 中还可以看出,本区紫苏花岗岩的稀土元素模式与其包裹的片麻岩包体的稀土元素模式相近,但与所包裹的基性麻粒岩的稀土元素模式则明显不同。

表 1 马市中地区紫苏花岗岩及其包体的化学成分

Table 1 Chemical compositions of charnockites and their inclusions in Mashikou area

	紫 苏 花 岗 岩						包 体	
	Z9021	Z9023	ZKP143	Z9146	Z92182	Z92183	Z9022	Z9142
SiO ₂	59.39	68.75	62.09	59.91	72.67	57.45	55.92	50.27
TiO ₂	0.56	0.24	0.73	0.65	0.12	0.48	0.59	1.43
Al ₂ O ₃	20.48	15.67	15.84	18.42	14.88	19.88	20.31	12.96
Fe ₂ O ₃	1.35	0.04	0.75	1.60	0.83	2.27	4.46	3.73
FeO	3.50	2.42	4.90	3.70	0.67	2.91	1.72	11.56
MnO	0.08	0.08	0.09	0.09	0.06	0.10	0.08	0.22
MgO	1.87	0.77	2.96	2.28	0.44	2.01	2.63	5.68
CaO	5.11	2.66	3.66	4.59	2.18	5.50	6.20	9.71
Na ₂ O	5.75	4.50	3.97	5.54	4.33	6.03	5.25	2.52
K ₂ O	1.40	2.84	3.27	2.49	3.52	1.74	1.27	0.83
P ₂ O ₅	0.29	0.11	0.19	0.33	0.13	0.38	0.36	0.17
H ₂ O	0.44	0.80	0.82	0.24	0.28	0.12	0.30	0.36
CO ₂	0.17	0.57	0.06	0.12	0.54	0.72	0.33	0.21
总量	99.39	99.45	99.33	99.96	100.65	99.59	99.42	99.65
Rb	16	44	92	36	68	10	22	26
Sr	587	775	508	1348	882	1580	1822	267
Ba	762	1092	858	1293	1930	429	816	225
La	29.26	20.05	35.50	28.30	9.82	37.90	22.03	12.00
Ce	64.81	37.16	65.20	57.00	17.60	86.40	55.14	29.30
Pr	9.91	4.94	6.71	7.18	1.66	10.30	9.34	3.55
Nd	34.19	14.33	26.10	31.40	4.82	41.30	33.47	17.20
Sm	6.40	2.90	3.37	5.50	0.68	7.38	6.91	4.18
Eu	1.69	0.81	1.13	1.52	0.81	1.49	1.80	1.43
Gd	3.30	2.34	2.19	3.39	0.56	5.29	5.57	5.91
Tb	0.66		0.39	0.30	0.66	0.80	0.54	0.80
Dy	2.70	1.08	1.00	1.82	0.22	3.73	2.89	4.48
Ho	0.54	0.24	0.35	0.35	0.06	0.80	0.62	0.90
Er	1.16	0.61	0.22	0.45	0.10	2.30	1.43	2.64
Tm	0.15				0.02	0.24	0.20	0.33
Yb	1.20	0.47	0.50	0.71	0.12	1.55	1.05	2.43
Lu	0.13				0.2	0.23	0.23	0.45

注: 测试由地质矿产部测试技术研究所完成, 常量元素单位为%, 稀地元素和微量元素单位为(10^{-6}), Z9022 为片麻岩包体, Z9142 为基性麻粒岩包体。

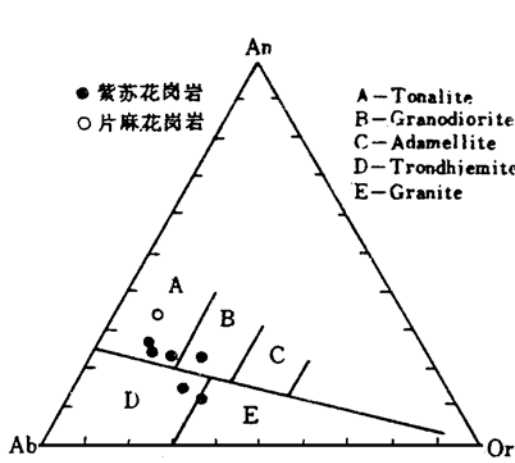


图1 马市口地区紫苏花岗岩及其包体的 An- Ab- Or 图
Fig.1 An- Ab- Or diagram of charnockites and their inclusions in the Mashikou area

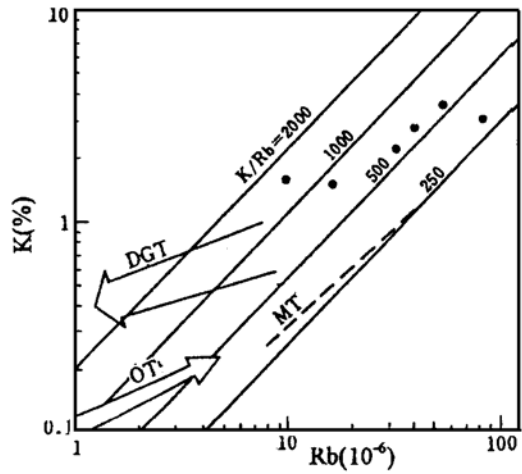


图2 马市口地区紫苏花岗岩的 K- Rb 图
Fig.2 K- Rb diagram of charnockites in the Mashikou area
DGT- 亏损型麻粒岩趋势; OT- 大洋趋势; MT- 大陆花岗岩的主趋势

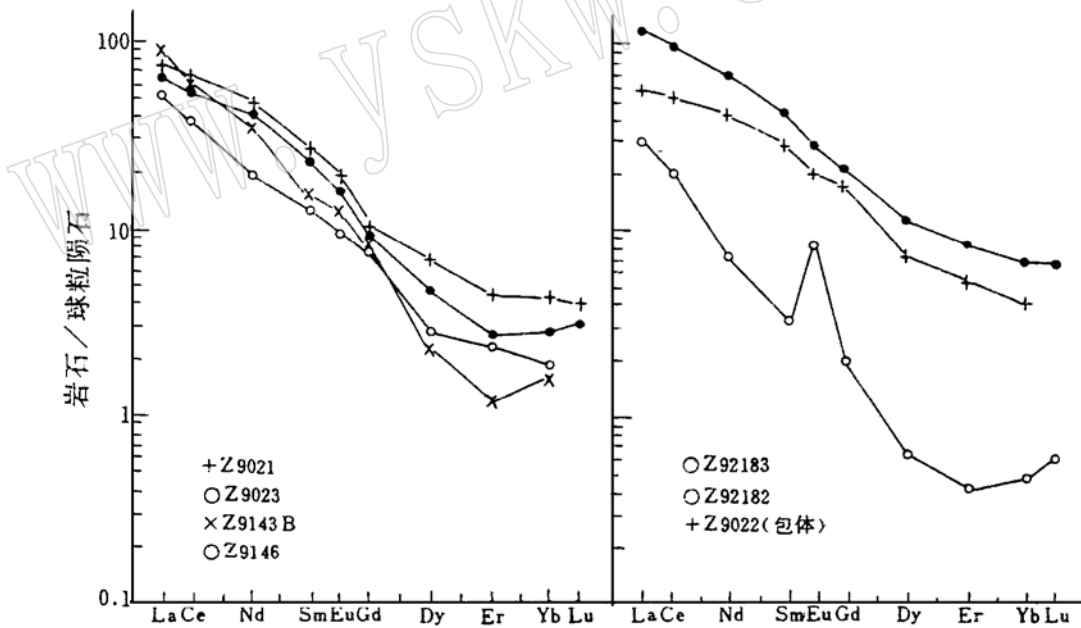


图3 马市口地区紫苏花岗岩及其包体的稀土元素模式图
Fig.3 Chondrite normalized REE patterns of charnockites and their inclusions in the Mashikou area

3 锆石 U-Pb 同位素年龄测定结果及地质解释

从研究区内的紫苏花岗岩样品中选出 Z9143A Z9143B 和 ZX9146 三个样品进行锆石 U-Pb 同位素年龄测定, 其中的 Z9143A 和 Z9143B 采自马市口北京包公路 290km 附近的同一个露头, 该露头上出露

的紫苏花岗岩成分相近, 但粒度不均匀, 一种粒度较粗, 一种粒度稍细, 为了便于对比, 分别采了粗粒 (Z9143B) 和中细粒 (Z9143A) 的两种紫苏花岗岩样品。Z9143A 为中粒花岗变晶结构, 弱片麻状构造, 主要由斜长石、石英、紫苏辉石、透辉石及一定量的黑云母组成。大部分黑云母定向排列构成面理, 少量黑云母沿紫苏辉石边部分布。这种特征表明该样品受到后期变形和退变质的影响。该样品中的锆石为无色至浅灰白色, 透明至半透明, 长柱状, 长宽比为 2:1, 棱角较清楚, (101) 和 (111) 面较发育, Z9143B 为粗粒花岗变晶结构, 块状构造, 主要由斜长石、紫苏辉石、石英及少量透辉石组成。副矿物主要为磁铁矿、磷灰石、锆石等。其中的锆石为浅紫色, 长柱状, 粒度 $200 \times 120 \mu\text{m}$, 棱角有磨损, 表面有溶蚀的麻点, 多为半透明, 有的颗粒有裂纹。Z9146 号样品采自马市口以北京包公路 287km 路碑附近的露头。此处的紫苏花岗岩为均质块状, 中粗粒花岗变晶结构, 主要由斜长石、石英、紫苏辉石和透辉石组成。副矿物有磷灰石、锆石、楣石等, 其中的锆石为柱状, 延长系数 2—3, 无色至浅粉色, 透明度较好, 晶面有溶蚀坑和麻点。

本文采用颗粒锆石 $^{205}\text{Pb}-^{235}\text{U}$ 同位素稀释法进行 U-Pb 定年。把加有 $^{205}\text{Pb}-^{235}\text{U}$ 稀释剂的锆石颗粒在微型密封溶样器中用 HF 溶解, 样品溶液蒸干后用 HCl 提取并直接在质谱计上分析 U-Pb 同位素。全流程本底为: Pb— 10^{11} — 10^{12} g, U— 10^{13} g。U、Pb 同位素分析均在 MAT-261 上完成。对于含量较低的样品采用电子倍增器接收离子流, 其质量歧视效应和倍增器线性用 NBS982 标准样校正, 对 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比值的校正系数小于 0.1%, 文中所有误差均以 2σ 表示。测定结果如表 2 所示。

Z9143A 共测定了 8 个数据点, 其中 1—7 号七个点的 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 的表面年龄为 2391—2267Ma, 平均为 2319Ma, 第 8 号点的 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 表面年龄偏低, 仅为 1852Ma, 这八个点构成的不一致线与谐和线的上交点的年龄为 2405_{90}^{+116} Ma, 误差较大, 其中第 8 号与其它点偏离较远, 并且其表面年龄也偏低。剔除第 8 号点以后, 其余七个点计算出的不一致线与谐和线的上交点年龄为 2274_{52}^{+68} Ma (图 4)。这些数据点在图 4 中一致程度较低, 表明该样品中的锆石经历过严重的放射性成因铅的丢失。

Z9143B 共测定了 5 个数据点, 其 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄为 2103—2361Ma, 平均为 2220Ma。这五个点构成的不一致线与谐和线的上交点的年龄为 2541_{221}^{+473} Ma, 这一结果显然误差太大。由图 5a 可以看出, 其中 1 和 3 号两个点比较偏离, 若用 2、4 和 5 三个点计算, 则上交点的年龄为 2461 ± 1 Ma, 下交点的年龄为 899 ± 2 Ma (图 5b)。由于五个点计算出的结果误差太大, 因此, 本文采用 2461 ± 1 Ma 作为该样品的年龄结果。这几个点多偏离谐和线的上交点, 表明它们经历过放射性成因铅的丢失。同时, 也造成了 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 表面年龄值的普遍降低。

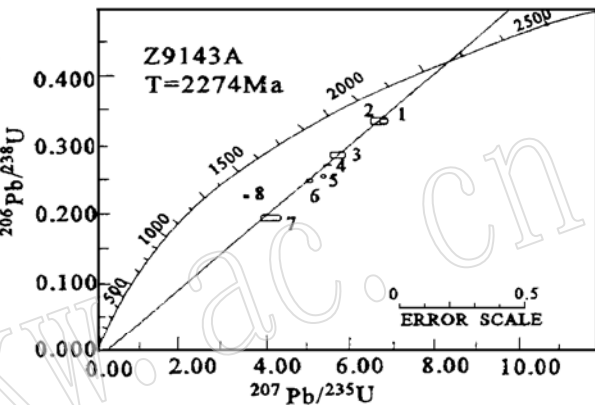


图 4 马市口紫苏花岗岩 (Z9143A) 锆石 U-Pb 谐和图
Fig 4 U-Pb concordancy diagram of zircons for the charmodkites (Z9143A) in Mashikou area

表2 马市口地区紫苏花岗岩锆石 U-Pb 同位素分析结果
Table 2 U-Pb isotopic analyses of zircons from charnockites in Mashikou area

样品号	序号	U (10^{-6})	放射性成因 Pb(10^{-6})	同位素原子比值				表面年龄(Ma)		
				$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$
Z9143B	1	125.6	43.57	4219	0.15142 ± 6	0.32369 ± 3	6.758 ± 26	2361 ± 222	1808 ± 1	2080 ± 19
	2	120.8	40.58	1293	0.13924 ± 7	0.31183 ± 9	5.986 ± 21	2217 ± 13	1750 ± 9	1974 ± 17
	3	102.4	30.76	5104	0.14625 ± 8	0.2748 ± 11	5.541 ± 25	2301 ± 6	1565 ± 20	1907 ± 23
	4	153.3	44.41	6711	0.1318	0.2796 ± 15	5.080 ± 30	2120 ± 31	1589 ± 26	1833 ± 29
	5	122.2	35.64	1612	0.1305 ± 31	0.2754 ± 17	4.960 ± 9	2103 ± 117	1568 ± 30	1812 ± 94
Z9143A	1	14.04	5.176	1083	0.1482 ± 9	0.33322 ± 6	6.809 ± 40	2324 ± 30	1854 ± 0	2087 ± 30
	2	23.23	9.377	606	0.1452 ± 18	0.3355 ± 10	6.714 ± 76	2288 ± 61	1864 ± 15	2074 ± 57
	3	39.91	13.28	1347	0.1433 ± 20	0.2890 ± 11	5.713 ± 78	2267 ± 71	1637 ± 18	1933 ± 68
	4	19.78	6.555	6666	0.14494 ± 16	0.27348 ± 1	5.4651 ± 1	2285 ± 6	1558 ± 6	1859 ± 6
	5	14.74	4.930	1034	0.1514 ± 10	0.2561 ± 9	5.347 ± 22	2361 ± 32	1470 ± 17	1876 ± 21
	6	29.29	8.684	1760	0.1475 ± 8	0.24993 ± 4	5.082 ± 27	2316 ± 27	1438 ± 9	1833 ± 26
	7	12.39	3.175	1021	0.1541 ± 46	0.1949 ± 16	4.140 ± 10	2391 ± 150	1148 ± 1	1662 ± 125
	8	56.79	13.11	3424	0.11334 ± 62	0.22670 ± 0	3.543 ± 20	1852 ± 27	1317 ± 9	1537 ± 28
Z9146	1	0.02009	0.01015	473	0.16240	0.40582	9.0873	2480	2196	2347
	2	0.009507	0.00422	1207	0.14570	0.38513	7.7371	2295	2100	2201
	3	0.02417	0.009414	1131	0.16209	0.34946	7.8101	2476	1932	2209
	4	0.02916	0.008304	77	0.14116	0.23756	4.6238	2240	1374	1754
	5	0.06766	0.01824	75	0.13769	0.22661	4.3022	2198	1317	1694

Z9146号样品共测定了5个数据点, $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 的表面年龄为 2198—2480Ma(表2), 平均为 2338Ma。这5个数据点中的1 3 4 5 四个数据点构成较好的直线, 与谐和线的上交点年龄为 2477_{-71}^{+85} Ma, 下交点的年龄为 509_{-173}^{+167} Ma(图6)。而其中的2号点由于偏离不一致线较远, 故计算时未采用。

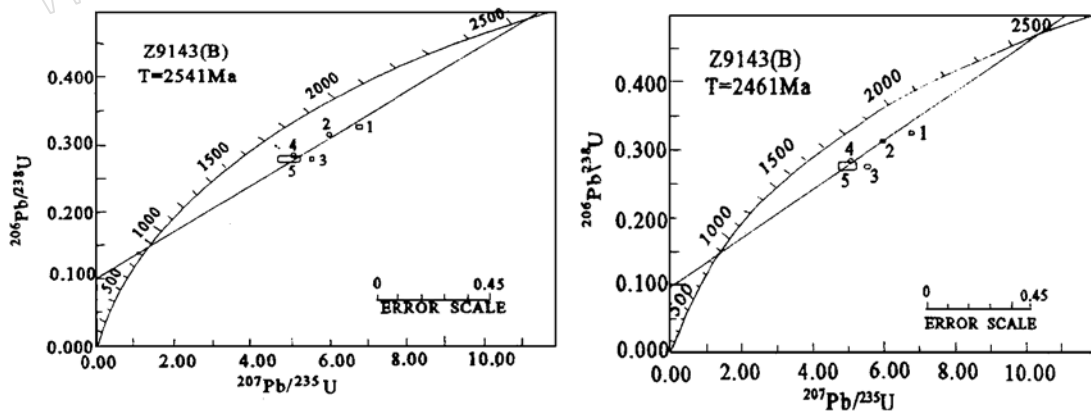


图5 马市口紫苏花岗岩(Z9143B)锆石 U-Pb 谐和图

Fig 5 U-Pb concordancy diagram of zircons from charnockite(Z9143B) in Mashikou area

A—五个点构成的不一致线; B—三个点构成的不一致线

以上三个样品年龄可分为两组, 一组为 Z9143B 和 Z9146, 其年龄值分别为 $2461 \pm 1\text{Ma}$ 和 2477_{-71}^{+85} Ma, 它们的年龄差别在误差允许范围之内, 故属于同一组。这两个样品为粗粒或均质结构, 具块状构造, 受到后期退变质和变形的影响很小。因此, 可以把 2461—2477Ma 解释为本区紫苏花岗岩的生成年

龄。另一组为 Z9143A, 其年龄为 2274^{+68} Ma。如前所述, 该样品比同一露头的 Z9143B 粒度要粗, 且含一定量的黑云母, 具弱片麻状构造, 经历达严重的 Pb 丢失, 使上交点年龄偏低, 不可靠, 该样品 8 个点构成的上交点年龄为 2405^{+116} , 与第一组的年龄值较为接近, 但误差较大。由此也可说明 2274Ma 的年龄是由于 Pb 丢失, 使上交点年龄偏新。目前尚不能对此做出确切的地质解释。

郭敬辉等^[10]曾报导过马市口以北紫苏花岗岩 1820Ma 的锆石 U-Pb 年龄结果; 并以为是紫苏花岗岩的形成年龄。因此有必要对本区紫苏花岗岩的形成时代做进一步的讨论。

首先, 在晋冀蒙交界地带, 1800Ma 左右的年龄结果较普遍, 除郭敬辉等报导的紫苏花岗岩 1893Ma^[10] 和 1717Ma (刘郭一等未刊资料) 的锆石 U-Pb 年龄结果; 在怀安蔓菁沟高压基性麻粒岩 (或称石榴基性麻粒岩) 的锆石 U-Pb 年龄为 1833Ma, 矿物的 Sm-Nb 等时线年龄为 1824Ma^[10]; 条带状麻粒岩中暗色条带和浅色条带矿物 Sm-Nb 等时线年龄分别为 1871Ma 和 1625Ma (沈其韩等未刊资料)。在较广泛的范围内, 不同类型岩石中均出现这一组年龄值, 显然不是紫苏花岗岩侵入的影响, 因为紫苏花岗岩的分布很局限, 而应是本区不同种类的较老岩石受到吕梁运动改造的产物。郭敬辉等报导的数据仅三个点, 未构成不一致线, 由于这三个点靠近谐和线, 故采用的是 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 表面年龄的平均值。由数据靠近谐和线的特点看, 这些锆石未经历过明显的铅丢失, 应为较新世代的锆石。本文提供的锆石数据均显示出明显的铅丢失, 属于较老世代的锆石。因此可以认为, 2477—2461Ma 是本区紫苏花岗岩的形成年龄, 而 1800Ma 左右的数据则是吕梁运动影响的结果。此外, 从华北地台北缘麻粒岩相带中的紫苏花岗岩看, 在冀东的太平寨地区有 2512Ma^[11] 的紫苏花岗岩, 在水石地区有 2526Ma 的紫苏花岗岩^①, 在羊崖山地区有 2513Ma 的紫苏花岗岩^[12]。这些数据与本区紫苏花岗岩 2477—2461Ma 年龄大体属于同一时期, 在区域上未发现 1800Ma 的紫苏花岗岩。因此可以说本区紫苏花岗岩的形成时间应在 2477—2461Ma, 此后又遭受到 2274Ma 和 1800Ma 的变形及退变质的改造。

4 结 论

根据以上讨论可以得出以下结论:

1. 马市口地区的紫苏花岗岩多为英云闪长质的, K/Rb 比值界于 500—1000 之间, 亏损大

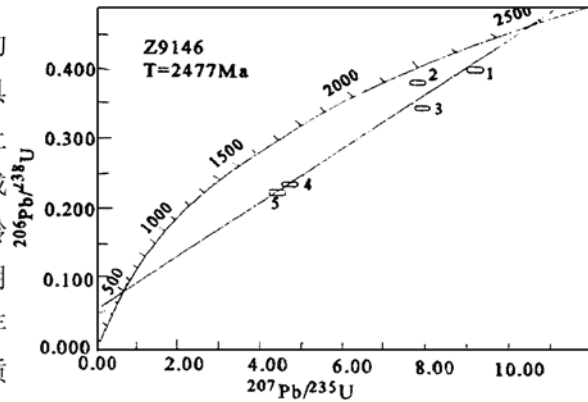


图 6 马市口紫苏花岗岩 (Z9146) 锆石 U-Pb 谐和图
Fig 6 U-Pb concordancy diagram of zircons
from charnockite (Z9146) in Mashikou area

① 尹庆柱, 1988, 河北迁安水厂铁矿紫苏花岗岩的岩石学、地球化学、同位素地质年代学研究, 中国地质科学院硕士研究生学位论文。

离子亲石元素,与世界上典型的太古宙灰色片麻岩的特点一致。

2. 本区的紫苏花岗岩具有较强烈分馏的稀土元素模式,重稀土元素亏损, Eu 异常不明显,这种稀土元素特征表明本区紫苏花岗岩是由镁铁质岩石部分熔融产生的,并且其残留的矿物相以角闪石为主。

3. 单颗粒锆石 U-Pb 化学法的研究表明,本区紫苏花岗岩形成于 2477—2461Ma 期间,此后又经历了 1800Ma 左右的退变质和变形作用的影响。

参加野外工作的还有沈其韩、吉成林、高勋等,锆石定年实验工作由宁彪、杨淳、张巧大完成,图件由宁迎年同志清绘在此一并致谢。

参 考 文 献

- 1 赵宗溥等著. 中朝准地台前寒武纪地壳演化. 北京: 科学出版社, 1993, 1—444.
- 2 耿元生, 沈其韩, 陈涛. 冀东迁西—迁安地区紫苏花岗岩的地球化学特征及其成因. 岩石矿物学杂志, 1990, 9(3): 193—202.
- 3 Barker F and Arth J G. Generation of trondhjemitic tonalitic liquids and Archean bimodal trondhjemitic basalt suites. *Geology*, 1976, 4: 596—600.
- 4 Condie K c. *Archean greenstone belts*. Elsevier Sci. Pub. Company, Amsterdam Oxford New York, 1981, 1—414.
- 5 McGregor V R. Archean grey gneisses and the origin of the continental crust, evidence of the Godthaab region, West Greenland. in: Barker F. (ed.) *Trondhjemites, Dacites and related rocks*. 1979.
- 6 Jahn B M. Origin of granulites: Geochemical constraints from Archean granulite facies rocks of the Sino-Korean Craton, China in: Vielzeuf D and Vidal Ph. (eds.). *Granulites and crustal evolution*. Kluwer Academic Pub. Dordrecht-Boston-London, 1990, 471—492.
- 7 Condie K C and Allen P. Origin of Archean charnockites from Southern India. in: Kroner et al. (eds) *Archean geochemistry*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1984, 182—203.
- 8 Weaver B L and Tamey J. Rare earth geochemistry of Lewisian granulite facies gneisses, Northwest Scotland: Implication for the petrogenesis of the Archean lower continental crust. *Earth. Planer. Sci. Lett.* 1980, 51: 279—297.
- 9 Martin H. The Archean grey gneisses and the genesis of continental crust. in Condie K c. (ed.), *Archean crustal evolution*. Elsevier Sci. Pub. Company, 1994, 205—259.
- 10 郭敬辉, 翟明国, 李永刚, 阎月华, 张雯华. 晋冀内蒙交界地区早前寒武纪变质杂岩同位素年代及其构造意义. 钱祥麟, 王仁民主编, 华北北部麻粒岩相带地质演化. 北京: 地震出版社, 1994, 130—144.
- 11 Liu D Y, Shen Q H, Jahn B M, Zhang Z Q, auvray B, Zhang Q Z, Ye X J. Early crustal evolution in China: part 1, U-Pb geochronology of intrusive granitoids from the Qianxi Group (abstract). *Terra Cognita*, 1986, 6(2): 238.
- 12 Liu D Y, Shen Q H, Zhang Z Q, Jahn B M, Auvray B. Archean crustal evolution in China: U-Pb geochronology of the Qianxi complex. *Precambrian Research*, 1990, 48: 223—244.

Petrology, Geochemistry and Isochronology of Charnockites in Mashikou Area, Northwestern Hebei

Geng Yuansheng Liu Dunyi

(Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

Key words charnockite; geochemistry; isochronology; northwestern Hebei

Abstract

Charnockites exposed in Mashikou area, northwestern Hebei, intruded into tonalitic gneisses and assume lenticular and elliptical forms. Charnockites have low K_2O , CaO , TiO_2 , high Al_2O_3 , Na_2O , rich LREE, depleted HREE, and strongly fractionated patterns. K/Rb ratios range from 500 to 1000. These chemical characteristics are similar to those of typical Archean gray gneisses in the world.

U-Pb single zircon isotope ages of the charnockites have been obtained. The coarse charnockites with block structure have ages of $2462 \pm 1 Ma$ (Z9143B) and $2477.77^{+85} Ma$ (Z9146), suggesting that charnockites were formed in the period of 2477—2461 Ma. The fine grained charnockite with gneissosity has an age of 2272^{+68} . As the sample underwent multi-episodic Pb loss, the age has no clear geological implication.