新疆塔城别斯托别苏长辉长岩的岩石学和锆石SHRIMP年代学研究

朱永峰[1)]，徐新[2)]

1）北京大学地球与空间科学学院，造山带与地壳演化教育部重点实验室，北京，100871；
2）新疆自然资源与生态环境研究中心，乌鲁木齐，830000

内容提要：塔城市南约30km的别斯托别苏长辉长岩侵入石炭纪二长花岗岩中，二者的接触部位多被农田覆盖。二长花岗岩内部存在大量辉长岩、闪长岩、花岗闪长岩、石英闪长岩、石英斑岩等包体，但没有苏长辉长岩包体。苏长辉长岩主要由透辉石-普通辉石、顽火辉石、基性斜长石（An 51 ～ 70）和少量钛铁矿-磁铁矿组成。从苏长辉长岩中分选出的锆石CL图像显示典型的扇形结构（锆石中存在辉石和斜长石包体）。对两个锆石样品进行的SHRIMP年代学研究得到平均年龄分别为273.3±1.8Ma（MSWD = 1.18，n = 20）和272.5±2.8Ma（MSWD = 0.75，n = 12）。这两个年龄在误差范围内完全一致，表明别斯托别苏长辉长岩的形成时代为早二叠世晚期。在该苏长辉长岩与花岗岩接触带附近观察到的铜矿化现象，为找矿勘探提供了方向。

关键词：苏长辉长岩；SHRIMP年代学；早二叠世；别斯托别；塔城；新疆

塔城盆地（又称塔城—额敏凹陷）位于北部的塔尔巴哈台山和南部的托里—铁厂沟之间，是巴尔喀什—准噶尔构造成矿域的重要组成部分。由于该盆地位于我国边境地区，对其开展的地质调查工作非常有限。随着对国际地质对比研究工作的重视，学术界和矿业部门对塔城盆地最近几年陆续开展了一些研究。例如国家“十一五”科技支撑计划重点项目将该地区作为重要研究地区之一，并通过该地区与其西部哈萨克斯坦境内的巴尔喀什—塔尔巴哈台构造成矿区进行系统对比研究（何国琦等，2006；朱永峰等，2007a）。在塔城北山发现的早奥陶世蛇绿混杂岩（朱永峰等，2006）为该地区地质演化的研究开启了一个新窗口。本文报道塔城市南约30km处位于裕民县境内的一个基性岩体及其锆石SHRIMP年代学研究结果，抛砖引玉，以引起学术界对塔城地区地质矿产研究的兴趣。

1 区域地质

塔城盆地向西开口，延伸到哈萨克斯坦境内，是哈萨克斯坦-准噶尔板块的组成部分，其北部山区属于成吉斯-塔尔巴哈台构造带的东延部分，该构造带广泛发育寒武纪和志留纪的岛弧火山岩系，在奥陶纪早期，大规模凝灰岩—火山碎屑岩覆盖在古老火山岛弧组合之上。位于塔城北山的早奥陶世蛇绿混杂岩带属于成吉斯-塔尔巴哈台-洪古勒楞板块缝合带的组成部分（朱永峰等，2006），代表着早古生代古亚洲洋消减的地质过程。中奥陶世形成弧前盆地复理石和海相磨拉石建造，晚奥陶世-中泥盆世形成增生楔。从泥盆纪开始，成吉斯-塔尔巴哈台地区发育陆相火山活动（流纹岩-英安岩-凝灰岩组合），与含植物化石的陆相碎屑岩伴生。从晚泥盆世开始，形成海相碎屑岩沉积。据1∶20万塔城幅-阿西勒幅区域地质图（1985），塔城北山地层主要由泥盆系火山-沉积岩和下石炭统黑山头组火山-沉积岩组成，局部出露上奥陶统灰岩-硅质岩-凝灰岩夹中-基性熔岩和志留系的碎屑岩-生物灰岩和板岩。晚古生代花岗岩或者岩脉侵入到上述地层中，基本同时期的闪长岩-辉长岩主要呈小岩株或者岩脉产出。在塔城北山发育一套火山角砾岩。1∶20万地质图将这种含蛇纹岩角砾的火山角砾岩划归下石炭统黑山头组。研究表明（朱永峰等，2006），火山角砾岩的角砾主要由蛇纹石化橄榄岩、辉长岩、玄武质粗面岩、粗

注：本文为国家自然科学基金创新群体项目（编号40821002）和国家科技支撑计划重点项目（批准号2006BAB07B08）资助的成果。。
收稿日期：2008-10-06；改回日期：2009-03-20；责任编辑：郝梓国。
作者简介：朱永峰，男，1965年生。教授，博士生导师。地球化学专业。通讯地址：100871，北京大学地球与空间科学学院，造山带与地壳演化教育部重点实验室；Email：yfzhu@pku.edu.cn。

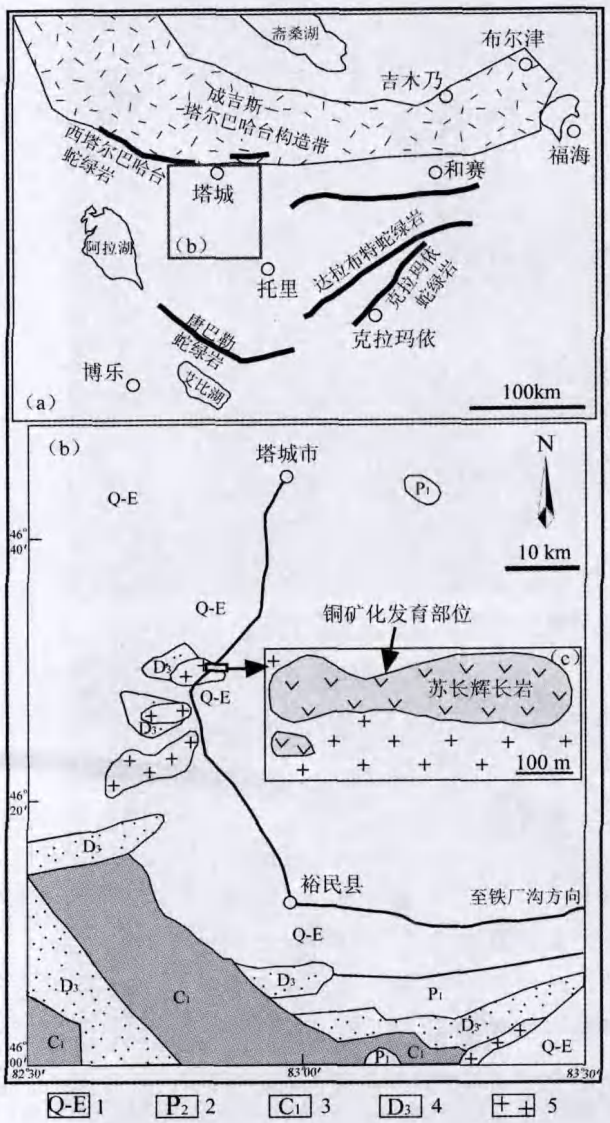


图 1　塔尔巴哈台-巴尔喀什-西准噶尔及邻区的构造格架图、塔城市南部地质简图(据 1∶50 万塔城幅区域地质图编绘)以及别斯托别苏长辉长岩与花岗岩围岩的地质关系图

Fig. 1　Simplified geology- tectonic map for the Taerbahatai-Balkashi-western Junggar and its adjacent region, the geology map of the Biesituobie gabbro (based on the 1∶500000 Tacheng Geological Map), and field map showing the boundary between gabbro and granite

1—第四系-第三系沉积物；2—上二叠统库吉尔台组杂砂岩夹煤层；3—下石炭统姜巴斯套组火山-沉积岩；4—上泥盆统铁列克提组砂岩、凝灰岩；5—石炭纪花岗岩侵入

1—Quaternary and Neogene sedimentary; 2—Upper Permian Kujier Group sandstone with coal layer; 3—Lower Carboniferous Jiangbasitou Group volcanic-sedimentary rocks; 4—Upper Devonian Tielieketi Group sandstone and tuff; 5—Carboniferous granite

面岩和硅质岩组成。该火山角砾岩底部存在一套蛇绿混杂岩组合，由蚀变辉长岩、蛇纹石化橄榄岩和硅质岩组成。

塔城盆地南部山区向西可能与西准噶尔连接为一体，但由于缺乏该地区的地质资料，目前还无法对其地质演化格架进行分析。从 1∶50 万地质图资料可以看到，塔城盆地南缘主要由上泥盆统铁列克提组砂岩-凝灰质砂岩-砾岩-泥质粉砂岩和生物灰岩、下石炭统姜巴斯套组火山碎屑岩-含碳质的陆相碎屑岩和二叠系哈尔加乌组-库吉尔台组杂砂岩-砾岩-凝灰质砂岩夹煤层构成(图 1b)。石炭纪花岗岩侵入上泥盆统铁列克提组和下石炭统姜巴斯套组火山-沉积地层中。

2　分析测试方法

在对岩石样品进行详细手标本和偏光显微镜观察后，挑选代表性样品进行岩石矿物的电子显微镜研究和电子探针分析(在中国科学院地质与地球物理研究所国家重点实验室使用 JXA-8100，分析条件：加速电压 15KV；束流 1×10^{-8} 安培；束斑 5μm)。从两个新鲜苏长辉长岩样品(07TS259，07TS247)中分选出锆石。在北京离子探针中心虚拟网络实验室指定的远程工作站(澳大利亚)应用 SROS (SHRIMP Remote Operation System)系统完成锆石的 SHRIMP 测年。CL 图像在北京北京离子探针中心完成。

3　苏长辉长岩的岩石学特征

野外地质观察表明，苏长辉长岩侵入石炭纪二长花岗岩中(花岗岩侵入上泥盆统铁列克提组和下石炭统姜巴斯套组火山-沉积地层中(图 1b，c)，苏长辉长岩与花岗岩的接触部位多被农田覆盖，在局部凸起的小山坡上见到苏长辉长岩侵入花岗岩的露头。二长花岗岩内部存在大量中-基性岩包体，包括辉长岩、闪长岩、花岗闪长岩、石英闪长岩、石英斑岩等，但花岗岩中没有苏长辉长岩包体。花岗岩的边缘为细晶岩，被苏长辉长岩岩脉穿切(图 2a)。向岩体内部花岗岩逐渐变为粗粒二长花岗岩，见不到苏长辉长岩包体或者脉体。

苏长辉长岩呈偏长透镜体产在花岗岩体的北侧接触带，岩体北侧被农田覆盖，无法估算该岩体的出露面积。该岩体出露的长轴约 500m，短轴方向 20～150m(图 1c)。苏长辉长岩样品中的各种矿物均很新鲜。苏长辉长岩中斜长石结晶程度较高，大多数辉石呈粒状充填在斜长石构成的格架中(图 2b，

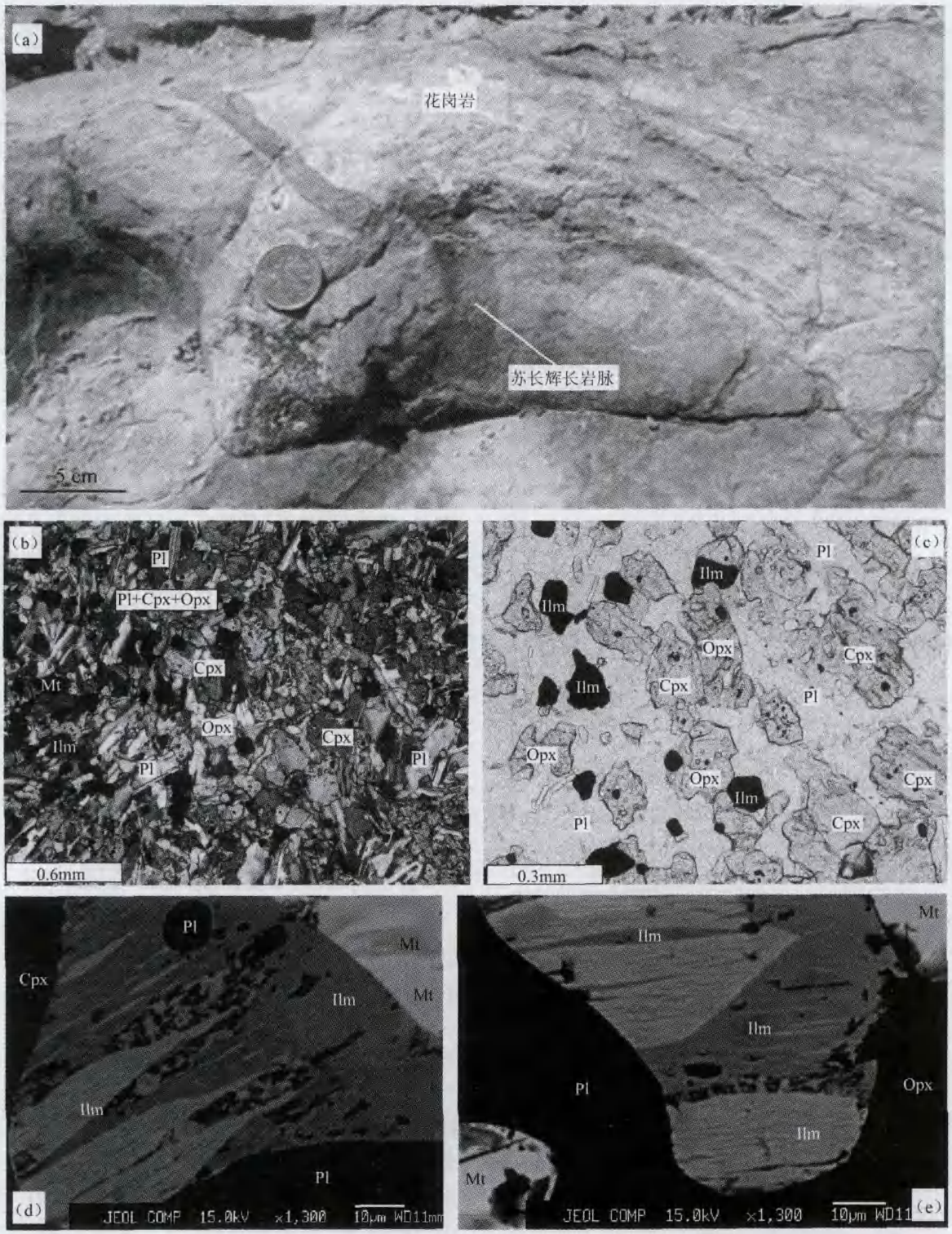


图 2 别斯托别苏长辉长岩的露头及显微照片

Fig. 2 The outcrop and microphotos for the Biesituobie gabbro

(a)—苏长辉长岩与花岗岩接触带中见到苏长辉长岩细脉穿切到细晶花岗岩中；(b、c)—苏长辉长岩的偏光显微镜照片，b 为正交偏光，c 为单偏光；(d、e)—钛铁矿与含 Ti 磁铁矿形成的结构，该矿物组合与磁铁矿-单斜辉石-斜方辉石-斜长石共生，背散射电子图像；Cpx—单斜辉石；Ilm—钛铁矿；Mt—磁铁矿；Opx—斜方辉石；Pl—斜长石

(a)—Gabbro vein cut through the granite on the boundary between gabbro and granite; (b、c)—Microphotographs showing the mineral phases of fine gabbro, b under crossed-polarized light, c plane polarized light; (d、e)—BSE images show the relations between ilmenite and Ti-bearing magnetite. Ilmenite contains plagioclase as inclusion; Cpx—clinopyroxene; Ilm—ilmenite; Mt—magnetite; Opx—orthopyroxene; Pl—plagioclase

c)。细粒辉长岩主要由单斜辉石、斜方辉石、斜长石、钛铁矿、磁铁矿和磷灰石组成，钛铁矿-磁铁矿含量局部达 1%以上。钛铁矿中常见斜长石包体(图 2d)。钛铁矿与含钛磁铁矿构成类似出溶结构的现象(图 2d，e)。这种钛铁矿-含钛磁铁矿集合体常与不含钛的磁铁矿共生。

苏长辉长岩中斜方辉石化学成分见表 2 和斜长石的化学分析结果见表 3，单斜辉石的化学分析结果列在表 1 中。苏长辉长岩中的单斜辉石为透辉石-普通辉石(图 3a)，成分变化范围不大。斜方辉石的成分均匀(为顽火辉石，图 3b)。苏长辉长岩中的斜长石不具有明显的成分环带，其化学分析结果见表 1。斜长石均为拉长石(An：51～70)，其 Or 端元含量很低(<1.2 mol.%)。

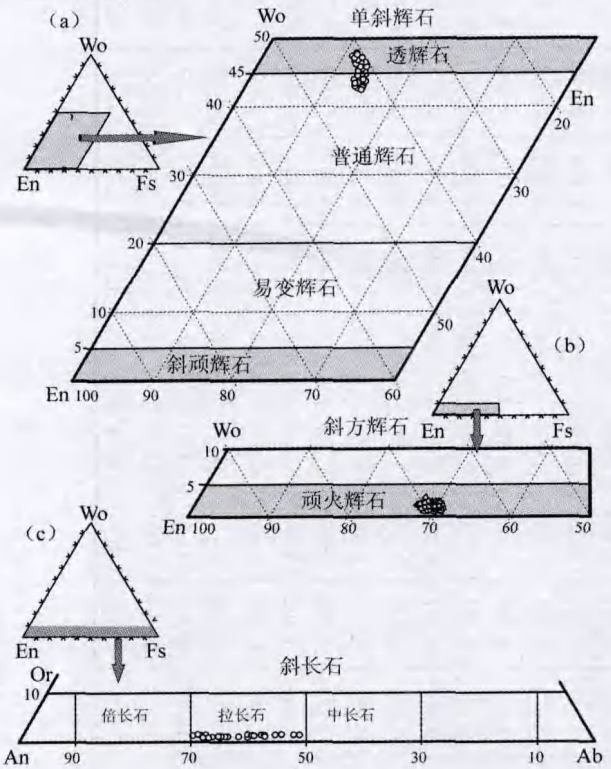


图 3　别斯托别苏长辉长岩中单斜辉石、斜方辉石和斜长石的化学成分

Fig. 3　Plots show the variations of compositions of clinopyroxene, orthopyroxene and plagioclase in the Biesituobie gabbro

4　锆石 SHRIMP 年代学

为确定该苏长辉长岩的形成时代，在远离接触带的露头采集了两个新鲜苏长辉长岩样品(07TS259，07TS247)，从中分选出锆石。锆石 SHRIMP 测定结果的数据处理方法依据宋彪等(2006)。大部分锆石颗粒形状比较规则，大小一般为 100～140μm。锆石的 CL 图像显示典型的扇形结构(图 4a、b，5a、b)，这是辉长岩中锆石的基本特征。个别锆石有亮边(图 4b)，可能受到晚期热液活动的改造。极少数锆石具有不明显的核。锆石的 SHRIMP 测定结果列在表 4 并表示在图 4c、d(样品 07TS247)和图 5c、d(样品 07TS259)。测到两个锆石核的表观年龄分别为 329.8Ma 和 297.7Ma(表 4，样品 07TS259 的测点 12.1 和 13.1)。除了样品 07TS259 中出现的两个锆石核具有比较老的表观年龄外，所有样品中锆石的表观年龄在 265～286Ma 之间变化。

样品 07TS247 锆石的 20 个测点结果比较接近，其加权平均年龄为 273.3±1.8Ma(MSWD = 1.18，图 4c、d)。这个年龄代表苏长辉长岩的形成时间。除了测点 12.1 和 13.1 分别具有较老的表观年龄 329.8Ma 和 297.7Ma 外(表 4，样品 07TS259)，样品 07TS259 锆石 12 个测点的加权平均年龄为 272.5±2.8Ma(MSWD = 0.75，图 5c-d)。显然，这个年龄与样品 07TS247 的完全一致，他们均代表苏长辉长岩的形成时间。

锆石的 U(36×10^{-6}～267×10^{-6})和 Th 含量(7×10^{-6}～194×10^{-6})变化范围较大，Th/U 比值为 0.2～1.44(主要为 0.49～1.26)。锆石的 CL 图像及其 Th/U 比值特征均说明所测试的锆石为岩浆锆石。锆石中所含的矿物包体主要为辉石和斜长石(图 4a、b，5a、b)，这些矿物包体与苏长辉长岩的主要组成矿物完全对应，说明锆石与苏长辉长岩同时结晶。因此，所获得的两个年龄 273.3±1.8Ma 和 272.5±2.8Ma 代表着别斯托别苏长辉长岩的结晶时间。从 Th-U 关系图解可以看出，两个样品中锆石的 Th 和 U 含量变化范围基本一致。Th-U 之间显示出比较明显的正相关关系(图 6a)，且 Th/U 比值与锆石的表观年龄没有相关关系(图 6b)。

5　讨论与结论

有关西准噶尔地区的地质演化与成矿作用最近几年取得了一些新进展(张锐等，2006；张连昌等，2006；徐新等，2006；何国琦等，2007；宋会侠等，2007；安芳等，2007；朱永峰等，2007；朱永峰等，2007b)。二叠纪基性岩浆活动在西准噶尔地区比较发育，形成各种类型的岩墙或岩脉(李辛子等，2004)。克拉玛依北岩体花岗岩中的基性岩墙中的

表 1 别斯托别苏长辉长岩中单斜辉石的电子探针分析结果(O=6)

Table 1 The representative compositions of clinopyroxene in Biesituobie gabbro (O=6)

样号 / 含量(%)	182	184	185	186	187	198	246	251	253	256	257	258	259	261	270	280	281	283	287
SiO_2	51.41	51.64	51.45	51.16	51.49	51.96	51.98	51.65	51.11	51.44	51.56	52.23	51.65	52.28	51.84	52.13	52.38	52.37	51.65
TiO_2	0.63	0.61	0.64	0.53	0.59	0.49	0.58	0.73	0.81	0.58	0.53	0.46	0.67	0.50	0.52	0.45	0.42	0.47	0.67
Al_2O_3	2.67	2.52	2.40	2.46	2.45	2.27	2.38	2.91	2.91	2.56	2.37	2.22	2.72	2.21	2.37	2.29	2.21	2.11	2.97
MgO	14.18	14.04	14.21	14.37	14.05	14.35	14.29	14.18	14.37	14.35	14.44	14.91	14.41	14.61	14.40	15.10	14.38	15.03	14.29
MnO	0.50	0.53	0.50	0.48	0.57	0.54	0.43	0.46	0.42	0.49	0.49	0.49	0.51	0.51	0.40	0.42	0.36	0.42	0.39
FeO_T	7.98	7.84	7.67	7.94	7.79	7.22	7.66	8.06	8.12	8.15	7.96	8.55	8.49	7.78	7.38	8.13	7.13	8.14	7.78
Cr_2O_3	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.01	0.00	0.02	0.04	0.00	0.02	0.05	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	0.03
NiO	0.04	0.04	0.00	0.02	0.02	0.08	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.06	0.00	0.00	0.03	0.00	0.04
CaO	22.02	22.24	22.41	22.21	22.52	22.35	22.26	21.53	21.39	21.43	21.95	20.59	20.99	21.33	22.68	20.94	22.53	20.86	21.36
Na_2O	0.47	0.47	0.42	0.45	0.45	0.43	0.49	0.44	0.40	0.43	0.44	0.40	0.43	0.41	0.44	0.41	0.39	0.38	0.48
Total	99.91	99.96	99.71	99.64	99.95	99.72	100.07	99.97	99.54	99.49	99.74	99.86	99.93	99.72	100.02	99.88	99.83	99.78	99.64
Si	1.917	1.925	1.923	1.916	1.922	1.935	1.932	1.921	1.911	1.924	1.926	1.942	1.923	1.944	1.928	1.937	1.945	1.946	1.923
Ti	0.018	0.017	0.018	0.015	0.017	0.014	0.016	0.020	0.023	0.016	0.015	0.013	0.019	0.014	0.014	0.013	0.012	0.013	0.019
Al^{IV}	0.083	0.075	0.077	0.084	0.078	0.065	0.068	0.079	0.089	0.076	0.074	0.058	0.077	0.056	0.072	0.063	0.055	0.054	0.077
Al^{VI}	0.035	0.035	0.028	0.024	0.029	0.035	0.036	0.049	0.039	0.037	0.030	0.040	0.043	0.041	0.032	0.037	0.042	0.039	0.053
Mg	0.788	0.780	0.791	0.802	0.781	0.797	0.792	0.786	0.801	0.800	0.804	0.827	0.800	0.810	0.798	0.836	0.796	0.832	0.793
Mn	0.016	0.017	0.016	0.015	0.018	0.017	0.014	0.015	0.013	0.015	0.015	0.015	0.016	0.016	0.013	0.013	0.011	0.013	0.012
Fe	0.249	0.244	0.240	0.249	0.243	0.225	0.238	0.251	0.254	0.255	0.249	0.266	0.264	0.242	0.230	0.253	0.221	0.253	0.242
Cr	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Ni	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001
Ca	0.880	0.888	0.897	0.891	0.900	0.892	0.886	0.858	0.857	0.859	0.878	0.820	0.838	0.850	0.904	0.834	0.896	0.831	0.852
Na	0.034	0.034	0.031	0.033	0.032	0.031	0.035	0.032	0.029	0.031	0.032	0.029	0.031	0.030	0.031	0.029	0.028	0.028	0.034
En(mol%)	40.78	40.44	40.71	41.00	40.22	41.28	41.03	41.17	41.60	41.49	41.30	42.88	41.71	42.24	41.06	43.20	41.35	43.15	41.76
Wo(mol%)	45.52	46.03	46.15	45.52	46.34	46.19	45.94	44.93	44.52	44.50	45.13	42.53	43.66	44.31	46.48	43.07	46.56	43.06	44.85
Fs(mol%)	13.70	13.53	13.14	13.48	13.44	12.53	13.04	13.90	13.88	14.01	13.57	14.59	14.62	13.45	12.46	13.73	12.09	13.79	13.39
$Mg^{\#}$	0.75	0.75	0.76	0.75	0.75	0.77	0.76	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.74	0.76	0.77	0.76	0.77	0.76	0.76

表 2　别斯托别苏长辉长岩中斜方辉石的电子探针分析结果(O=6)

Table 2　The representative compositions of orthopyroxene in Biesituobie gabbro (O = 6)

样号 / 含量(%)	212	214	215	216	272	273	274	307	309	310	313	320	322	323	324	325	329	330	333
SiO_2	53.63	53.67	53.71	53.49	53.61	54.53	54.03	53.84	53.95	53.98	53.76	53.82	54.06	54.05	54.71	53.79	54.33	54.42	54.06
TiO_2	0.20	0.18	0.20	0.17	0.15	0.10	0.13	0.28	0.22	0.25	0.19	0.24	0.23	0.11	0.08	0.15	0.22	0.15	0.21
Al_2O_3	1.17	1.06	1.11	1.20	1.57	1.13	1.12	1.37	1.36	1.31	1.16	1.38	1.25	1.26	1.23	1.08	1.30	1.18	1.19
MgO	24.61	24.59	24.54	24.42	24.89	25.31	25.40	25.16	24.69	25.14	25.28	25.13	25.36	25.27	25.20	25.70	24.92	25.17	25.01
MnO	1.00	1.04	1.11	1.14	0.83	0.82	0.91	0.87	0.91	0.87	0.90	0.85	0.88	0.88	0.88	0.84	0.88	0.80	0.88
FeO_T	18.79	18.81	18.72	18.62	17.64	17.61	17.63	17.50	17.64	17.44	17.51	17.38	17.47	17.31	17.28	17.41	17.39	17.48	17.53
Cr_2O_3	0.01	0.00	0.00	0.04	0.06	0.01	0.03	0.04	0.03	0.04	0.02	0.01	0.02	0.03	0.03	0.00	0.00	0.01	0.02
NiO	0.03	0.03	0.02	0.04	0.01	0.01	0.06	0.02	0.00	0.06	0.01	0.02	0.03	0.04	0.00	0.04	0.08	0.00	0.00
CaO	0.58	0.48	0.56	0.58	0.64	0.49	0.53	0.75	0.91	0.89	0.86	0.73	0.65	0.65	0.65	0.58	0.78	0.86	0.72
Na_2O	0.01	0.02	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.04	0.01	0.03	0.00	0.02	0.00	0.03	0.01	0.01
Total	100.02	99.88	99.97	99.71	99.42	100.03	99.84	99.85	99.69	99.98	99.72	99.56	99.97	99.58	100.09	99.58	99.92	100.06	99.63
Si	1.967	1.971	1.971	1.968	1.966	1.984	1.972	1.966	1.974	1.968	1.967	1.969	1.970	1.975	1.987	1.968	1.979	1.980	1.977
Ti	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004	0.003	0.004	0.008	0.006	0.007	0.005	0.006	0.006	0.003	0.002	0.004	0.006	0.004	0.006
Al^{IV}	0.033	0.029	0.029	0.032	0.034	0.016	0.028	0.034	0.026	0.032	0.033	0.031	0.030	0.025	0.013	0.032	0.021	0.020	0.023
Al^{VI}	0.017	0.017	0.019	0.020	0.034	0.032	0.021	0.025	0.033	0.024	0.018	0.028	0.024	0.029	0.039	0.015	0.035	0.031	0.029
Mg	1.346	1.346	1.343	1.340	1.361	1.373	1.383	1.370	1.347	1.366	1.379	1.371	1.378	1.377	1.364	1.402	1.353	1.366	1.364
Mn	0.031	0.032	0.034	0.035	0.026	0.025	0.028	0.027	0.028	0.027	0.028	0.026	0.027	0.027	0.027	0.026	0.027	0.025	0.027
Fe	0.576	0.578	0.574	0.573	0.541	0.536	0.538	0.534	0.540	0.532	0.536	0.532	0.533	0.529	0.525	0.533	0.530	0.532	0.536
Cr	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000
Ca	0.023	0.019	0.022	0.023	0.025	0.019	0.021	0.029	0.036	0.035	0.034	0.029	0.025	0.025	0.025	0.023	0.030	0.033	0.028
Na	0.001	0.001	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.001	0.002	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001
En(mol%)	68.10	68.16	68.04	67.96	69.69	70.29	70.20	69.87	69.06	69.73	69.78	70.03	70.19	70.30	70.27	70.68	69.74	69.84	69.75
Wo(mol%)	1.15	0.95	1.11	1.17	1.30	0.99	1.05	1.49	1.82	1.77	1.71	1.46	1.30	1.30	1.31	1.14	1.56	1.71	1.43
Fs(mol%)	30.75	30.90	30.85	30.87	29.02	28.72	28.75	28.64	29.11	28.51	28.51	28.51	28.52	28.40	28.42	28.17	28.70	28.45	28.81
$Mg^{\#}$	0.69	0.69	0.69	0.69	0.71	0.71	0.71	0.71	0.70	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.72	0.71	0.71	0.71

表 3 苏长辉长岩中斜长石的电子探针分析结果(O=8)

Table 3 The representative compositions of plagioclase in Biesituobie gabbro (O = 8)

样号 / 含量(%)	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299
SiO_2	53.43	53.10	52.78	51.53	54.18	55.36	55.81	54.97	51.72	52.07	51.27	51.67	51.09	51.85	52.12	52.16	52.26	51.28	50.65	51.93
TiO_2	0.00	0.02	0.01	0.05	0.00	0.05	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.02
Al_2O_3	28.34	28.40	28.83	29.42	27.76	26.82	26.77	27.70	29.33	29.18	30.01	29.67	29.41	29.21	29.56	29.63	29.48	29.93	29.76	29.21
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.03	0.01	0.00	0.06	0.00	0.01	0.01	0.00	0.06	0.00	0.01
FeO_T	0.36	0.32	0.25	0.25	0.16	0.34	0.33	0.34	0.40	0.32	0.33	0.23	0.35	0.26	0.25	0.25	0.27	0.34	0.25	0.24
BaO	0.00	0.00	0.07	0.04	0.00	0.02	0.00	0.00	0.05	0.02	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.04
CaO	12.47	12.58	13.46	13.92	12.09	10.73	10.60	11.54	13.71	13.40	14.22	13.83	14.04	13.43	14.18	13.80	13.59	14.27	14.46	13.85
Na_2O	4.58	4.58	4.21	3.76	4.57	5.56	5.60	5.10	3.83	3.98	3.65	3.72	3.63	4.04	3.66	3.90	3.93	3.62	3.43	3.99
K_2O	0.14	0.14	0.11	0.10	0.16	0.18	0.20	0.17	0.08	0.09	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13	0.12	0.13	0.11	0.11	0.10
Total	99.32	99.15	99.73	99.07	98.93	99.04	99.33	99.85	99.12	99.10	99.65	99.30	98.73	98.93	99.90	99.86	99.67	99.61	98.72	99.38
Si	2.440	2.431	2.407	2.369	2.475	2.524	2.535	2.490	2.375	2.389	2.347	2.367	2.360	2.385	2.375	2.377	2.385	2.348	2.341	2.380
Ti	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001
Al^{IV}	0.560	0.569	0.593	0.631	0.525	0.476	0.465	0.510	0.625	0.611	0.653	0.633	0.640	0.615	0.625	0.623	0.615	0.652	0.659	0.620
Al^{VI}	0.966	0.963	0.957	0.963	0.970	0.965	0.967	0.968	0.962	0.967	0.966	0.970	0.961	0.968	0.963	0.967	0.970	0.962	0.962	0.957
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000
Fe	0.014	0.012	0.010	0.010	0.006	0.013	0.013	0.013	0.015	0.012	0.012	0.009	0.013	0.010	0.009	0.009	0.010	0.013	0.010	0.009
Ba	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Ca	0.610	0.617	0.658	0.686	0.592	0.524	0.516	0.560	0.674	0.659	0.697	0.679	0.695	0.662	0.692	0.674	0.664	0.700	0.716	0.680
Na	0.406	0.406	0.372	0.335	0.405	0.491	0.493	0.448	0.341	0.354	0.324	0.331	0.325	0.360	0.324	0.344	0.348	0.321	0.308	0.355
K	0.008	0.008	0.007	0.006	0.009	0.010	0.011	0.010	0.005	0.005	0.006	0.007	0.007	0.008	0.008	0.007	0.007	0.006	0.006	0.006
An(mol%)	59.58	59.83	63.48	66.81	58.81	51.09	50.55	55.03	66.10	64.73	67.85	66.80	67.63	64.29	67.64	65.73	65.15	68.10	69.53	65.36
Ab(mol%)	39.62	39.39	35.88	32.64	40.25	47.90	48.33	43.98	33.43	34.77	31.55	32.54	31.66	34.95	31.63	33.58	34.14	31.28	29.87	34.09
Or(mol%)	0.80	0.78	0.64	0.55	0.94	1.00	1.12	0.99	0.47	0.49	0.60	0.66	0.71	0.76	0.74	0.70	0.71	0.62	0.60	0.56

表 4　别斯托别苏长辉长岩中锆石的 SHRIMP 测年结果

Table 4　The zircon SHRIMP data results for the Besituobe gabbro

点号	$^{206}Pb_c$(%)	U(×10^{-6})	Th(×10^{-6})	$^{232}Th/^{238}U$	$^{206}Pb^*$	$^{207}Pb/^{235}U$	± %	$^{206}Pb/^{238}U$	± %	误差	$^{206}Pb/^{238}U$ 年龄(Ma)	± %
07TS259												
1.1	0.69	49.21	37.46	0.790	1.80	0.304	17	0.04222	2.3	0.138	266.6	6.0
2.1	0.89	62.69	61.28	1.010	2.34	0.333	18	0.04311	2.2	0.120	272.1	5.8
3.1	0.32	211.7	131.6	0.642	7.98	0.327	6.1	0.04372	1.1	0.182	275.9	3.0
4.1	2.82	48.79	42.46	0.899	1.83	0.356	20	0.04240	2.5	0.127	267.8	6.6
5.1	1.92	68.16	54.58	0.827	2.60	0.288	22	0.04354	2.2	0.098	274.7	5.9
6.1	3.58	34.22	31.96	0.965	1.38	0.263	31	0.04530	4.9	0.160	286.0	4.0
7.1	0.87	103.7	96.64	0.963	3.85	0.288	15	0.04281	1.6	0.110	270.2	4.2
8.1	0	267.6	121.6	0.469	9.91	0.324	2.7	0.04313	1.0	0.389	272.2	2.8
9.1	0	51.74	42.51	0.849	1.94	0.501	8.4	0.04447	1.9	0.232	280.5	5.3
10.1	3.14	36.49	43.84	1.242	1.36	0.263	30	0.04210	2.7	0.092	265.7	7.1
11.1	1.69	98.29	93.58	0.984	3.63	0.285	15	0.04230	2.4	0.158	266.8	6.3
12.1	0.31	198.1	127.1	0.663	8.96	0.391	2.8	0.05249	0.98	0.345	329.8	3.1
13.1	2.04	123.8	90.13	0.752	5.13	0.314	12	0.04726	1.4	0.118	297.7	4.1
14.1	1.94	72.12	88.26	1.264	2.70	0.226	33	0.04277	2.2	0.068	270.0	5.8
07TS247												
1.1	0.80	53	41	0.80	2.01	0.296	18	0.04366	2.1	0.113	275.5	5.6
2.1	5.92	36	17	0.49	1.42	—	—	0.04330	2.8	—	273.2	7.6
3.1	2.77	48	52	1.11	1.85	0.213	21	0.04345	1.9	0.089	274.2	5.1
4.1	1.26	141	169	1.23	5.26	0.243	3.8	0.04273	1.1	0.301	269.7	3.0
5.1	0.02	83	84	1.05	3.18	0.330	8.6	0.04476	1.5	0.170	282.2	4.0
6.1	2.14	42	27	0.66	1.61	0.247	23	0.04330	2.1	0.090	273.2	5.6
7.1	0.71	36	7	0.20	1.36	0.324	9.0	0.04341	2.2	0.241	273.9	5.9
8.1	—	133	114	0.89	5.04	0.343	3.2	0.04429	1.2	0.371	279.4	3.2
9.1	—	170	194	1.18	6.32	0.322	2.8	0.04326	1.1	0.382	273.0	2.9
10.1	0.18	112	109	1.01	4.16	0.302	5.9	0.04313	1.3	0.213	272.2	3.4
11.1	0.26	88	86	1.00	3.24	0.297	9.1	0.04255	1.4	0.156	268.6	3.7
12.1	0.99	115	103	0.92	4.45	0.285	9.7	0.04460	1.3	0.136	281.3	3.6
13.1	0.58	84	79	0.97	3.12	0.286	11	0.04316	1.5	0.134	272.4	4.0
14.1	1.82	73	74	1.04	2.72	0.243	12	0.04255	1.6	0.128	268.6	4.1
15.1	—	58	55	0.98	2.15	0.372	4.4	0.04360	2.5	0.572	275.0	6.8
16.1	1.86	59	67	1.18	2.22	0.230	8.0	0.04313	1.6	0.196	272.2	4.2
17.1	1.22	73	102	1.44	2.78	0.268	10	0.04363	1.5	0.147	275.3	4.1
18.1	0.47	78	62	0.82	2.91	0.311	6.0	0.04335	1.4	0.239	273.6	3.9
19.1	2.63	58	60	1.09	2.14	0.190	31	0.04210	2.4	0.077	266.1	6.3
20.1	—	160	130	0.84	5.82	0.328	3.9	0.04237	1.4	0.364	267.5	3.7
21.1	0.45	80	53	0.69	2.94	0.312	6.7	0.04286	1.5	0.219	270.6	3.9

锆石与其寄主花岗岩中的锆石完全一致,而且具有基本相同的 SHRIMP 年龄(314～318Ma,韩宝福等,2006)。这些作者认为基性岩墙仅仅捕获了花岗岩中的锆石,基性岩墙中的锆石并不代表该地区基性岩浆活动的时间。他们同时获得了裕民县多拉那勒花岗岩岩体的锆石 SHRIMP 年龄为 300±4Ma(韩宝福等,2006)。从其在图中标示出的位置判断,该岩体与别斯托别苏长辉长岩侵入围岩所处的位置一致。多拉那勒花岗岩岩体为晚石炭世侵入体,早于别斯托别苏长辉长岩(约 273Ma,见图 4,5)。这与我们野外观察到苏长辉长岩侵入到花岗岩中的现象(图 2a)一致。

塔城北山蛇绿混杂岩中变辉长岩的锆石 SHRIMP 年龄为 478.3±3.3Ma(朱永峰等,2006),其北部出露大面积花岗岩的锆石侵入到奥陶纪沉积岩地层中。韩宝福等(2006)获得了该花岗岩的一个锆石 SHRIMP 年龄为 303±4Ma。位于裕民县 SE 方向约 70km 的塔尔根钾长花岗岩中最年轻的 3 颗锆石 SHRIMP 加权平均年龄为 287±6Ma(韩宝福等,2006)。塔城地区有限的锆石 SHRIMP 年代学

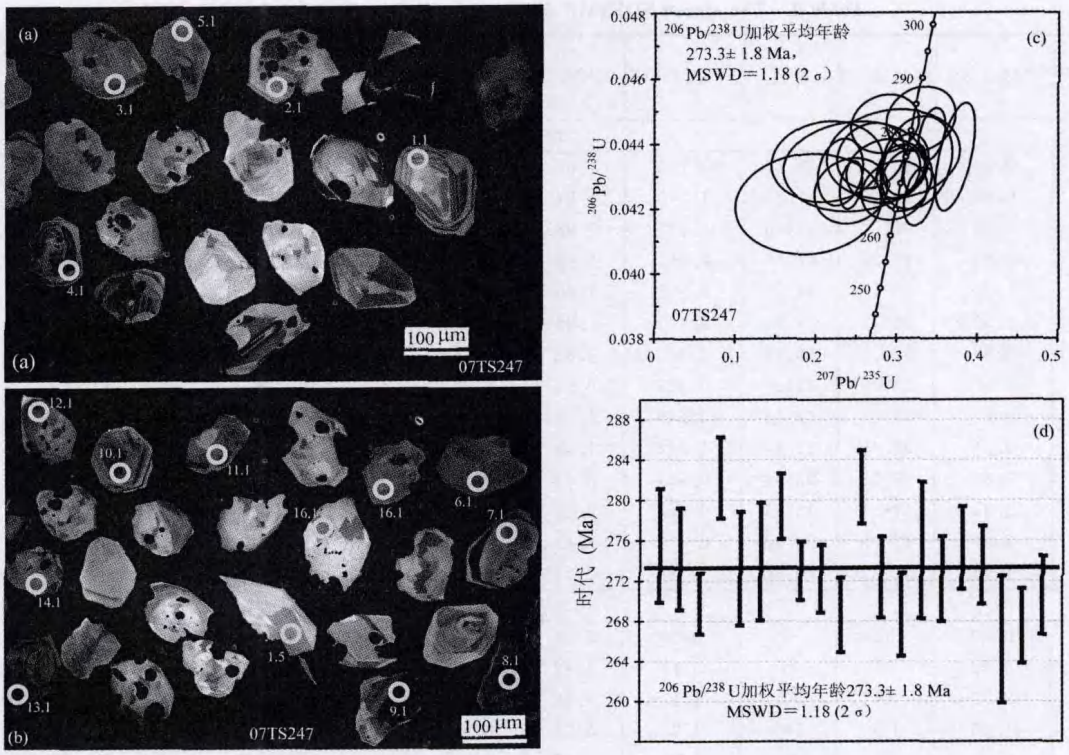


图 4 样品 07TS247 锆石阴极发光图像(CL,a、b)及锆石的 SHRIMP 定年结果(c、d)

Fig. 4 The Cathodoluminescence (CL) images (a,b)of zircons from sample 07TS247 and zircon SHRIMP dating results(c,d)

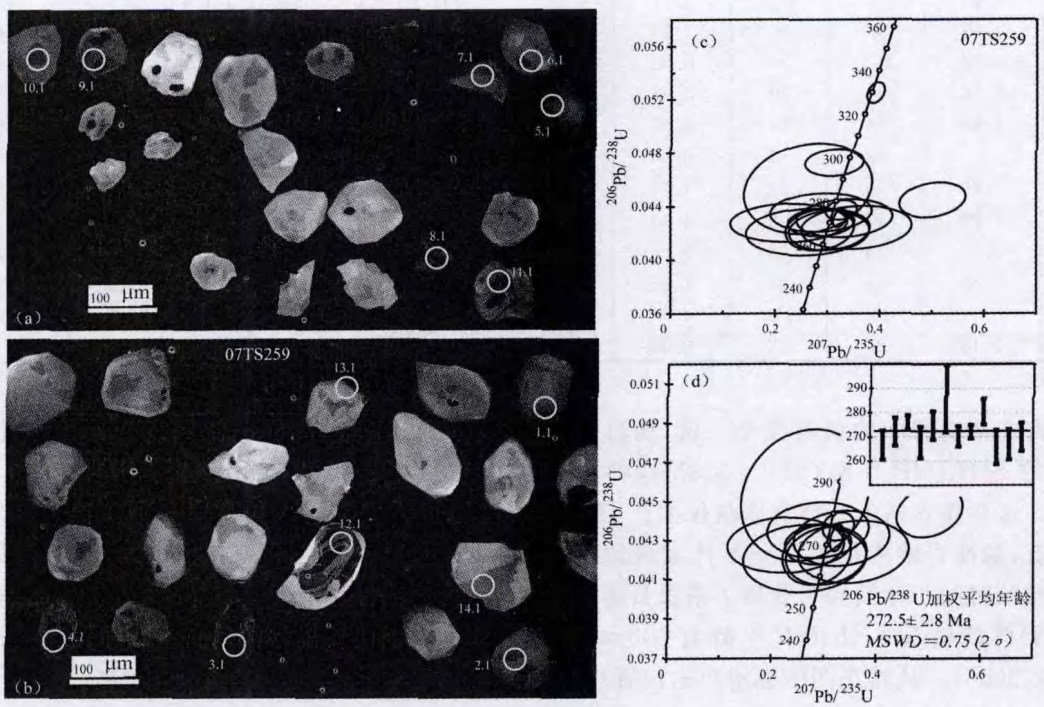


图 5 样品 07TS259 锆石阴极发光图像(CL,a、b)及 SHRIMP 定年结果(c、d)

Fig. 5 The Cathodoluminescence (CL,a,b) images of zircons from sample 07TS259 and zircon SHRIMP dating results (c,d)

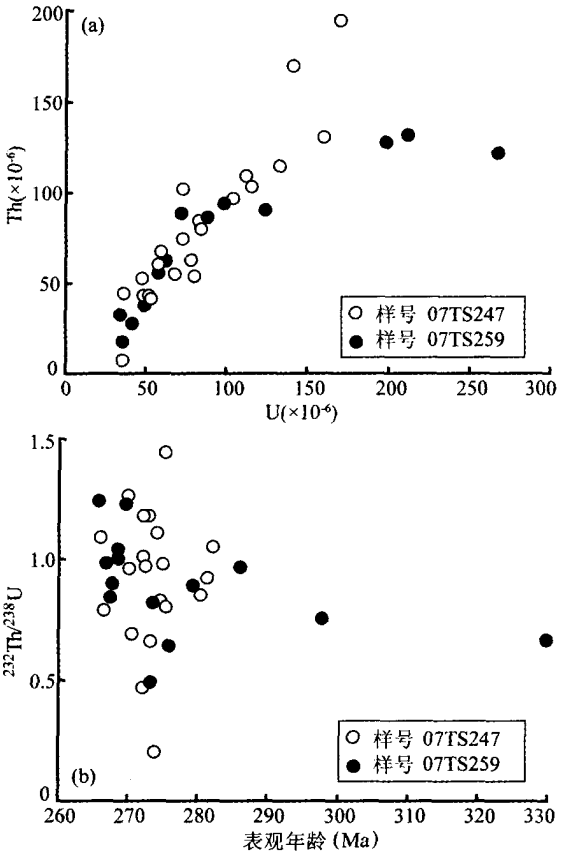


图 6　锆石中 Th 与 U 含量的相关关系及 Th/U 比值与表观年龄之间的对应关系

Fig. 6　Plot shows the relationship between Th and U contents in zircons and the relations between the Th/U ratios and the apparent ages of zircons

资料显示，该地区晚石炭世花岗岩分布普遍，二叠纪基性岩浆活动少见报道。通过研究这种基性岩浆源区的地球化学性质，可以为研究该地区的地质演化（包括塔城盆地基底的性质及塔城盆地的形成过程）提供基本制约条件。本文报道的别斯托别早二叠世晚期苏长辉长岩为探讨该地区基性岩浆的演化提供了可能。别斯托别苏长辉长岩中的锆石在 CL 图像上显示典型的扇形结构，两个样品的锆石 SHRIMP 年龄分别为 273.3±1.8Ma(MSWD = 1.18，n = 20)和 272.5±2.8Ma(MSWD = 0.75，n = 12)。这两个年龄表明别斯托别苏长辉长岩形成于早二叠世晚期。这个时期在新疆北部形成了大量基性侵入体，例如喀拉通克、黄山岩体等，这些基性岩浆活动对应着新疆北部岩浆型铜矿的形成阶段。对别斯托别苏长辉长岩的研究具有重要的找矿勘探意义。事实上，在该苏长辉长岩与花岗岩接触带附近我们已经观察到一定规模的铜矿化现象，进一步的工作将在研究别斯托别岩体岩浆成因的基础上对其成矿潜力进行评价。

致谢：谨以此文纪念北京大学地质学系成立 100 周年。薛云兴和陈博参加了野外工作，实验室工作得到毛骞博士（中国科学院地质与地球物理研究所）的协助，石玉若研究员（北京离子探针中心）指导了锆石的 SHRIMP 测定，《地质学报》匿名审稿专家提出的具体修改意见对提高本文质量有很好的帮助，特此一并感谢。

参 考 文 献

安芳，朱永峰. 2007. 新疆西准噶尔哈图金矿蚀变岩型矿体地质和地球化学研究. 矿床地质，26(6)：621～633.

韩宝福，季建清，宋彪，等. 2006. 新疆准噶尔晚古生代陆壳垂向生长(I)——后碰撞深成岩浆活动的时限. 岩石学报，22(5)：1077～1086.

何国琦，朱永峰. 2006. 中国新疆及其邻区地质矿产对比研究. 中国地质，33：451～460.

何国琦，刘建波，张跃迁，徐新. 2007. 准噶尔盆地西缘克拉玛依早古生代蛇绿混杂岩带的厘定. 岩石学报，23(7)：1573～1576.

李辛子，韩宝福，季建清，等. 2004. 新疆克拉玛依中基性岩墙群的地质地球化学、K-Ar 年代学及大地构造意义. 地球化学，33(6)：574～584.

宋彪，张拴宏，王彦斌. 2006. 锆石 SHRIMP 年龄测定数据处理时系统偏差的避免——标准锆石分段校正的必要性. 岩矿测试，25：9～14.

宋会侠，刘玉琳，屈文俊，等. 2007. 新疆包古图斑岩铜矿矿床地质特征. 岩石学报，23(7)：1981～1989.

徐新，何国琦，李华芹，等. 2006. 克拉玛依蛇绿混杂岩带的基本特征和锆石 SHRIMP 年龄信息. 中国地质，33：470～475.

张连昌，万博，焦学军，张锐. 2006. 西准包古图含铜斑岩的埃达克岩特征及其地质意义. 中国地质，33(3)：626～631.

张锐，张云孝，佟更生，汪疆，李龙乾. 2006. 新疆西准包古图地区斑岩铜矿找矿的重大突破及意义. 中国地质，33(6)：1354～1360.

朱永峰，徐新. 2006. 新疆塔尔巴哈台山发现早奥陶世蛇绿混杂岩. 岩石学报，22：2833～2842.

朱永峰，徐新. 2007. 西准噶尔白碱滩二辉橄榄岩中两种辉石的出溶结构及其地质意义. 岩石学报，23(5)：1075～1086.

朱永峰，何国琦，安芳. 2007a. 中亚成矿域核心地区地质演化与成矿规律：总论. 地质通报，26(9)：1167～1177.

朱永峰，徐新，魏少妮，等. 2007b. 西准噶尔克拉玛依 OIB 型枕状玄武岩地球化学及其地质意义研究. 岩石学报，23(7)：1739～1748.

An F, Zhu Y F. 2007. Studies on geology and geochemistry of alteration-type ore in the Hatu Gold deposit (western Junggar, Xinjiang), NW China. Mineral Deposits, 26(6): 621～633 (in Chinese with English Abstract).

Han B F, Ji J Q, Song B, et al. 2006. Late paleozoic vertical growth of continental crust around the Junggar Basin, Xinjiang,

China (part 1): Timing of post-collisional plutonism. Acta Petrologica Sinica, 22(5): 1077～1086.

He G Q, Zhu Y F. 2006. Comparative study of the geology and mineral resources in Xinjiang, China, and its adjacent regions. Geology in China, 33(3): 451～460.

He G Q, Liu J B, Zhang Y Q, Xu X. 2007. Keramay Ophiolitic melange formed during Early Paleozoic in western Junggar basin. Acta Petrologica Sinica, 23(7): 1573～1576.

Song B, Zhang S, Wang Y. 2006. Avoidance of systematic bias SHRIMP zircon U-Pb dating: necessity of staged calibrations. Rock and Mineral Analysis, 25: 9～14.

Song H X, Liu Y L, Qu W J, et al. 2007. Geological characters of Baogutu porphyry copper deposit in Xinjiang, NW China. Acta Petrologica Sinica, 23(7): 1981～1989.

Xu X, He G Q, Li H Q, et al. 2006. Basic characteristics of the Karamay ophiolitic melange, Xinjiang, and its zircon SHRIMP dating. Geology in China, 33: 470～475.

Zhang L C, Wan B, Jiao X J, et al. 2006. Characteristics and geological significance of adakitic rocks in copper bearing porphyry in Baogutu, western Junggar. Geology in China, 33 (3): 626～631.

Zhang R, Zhang YX, Tong GS, Wang J and Li LQ. 2006. Major breakthrough in copper exploration in the Baogutu porphyry copper deposit, western Junggar, Xinjiang, and its significance. Geology in China, 33(6): 1354～1360.

Zhu Y F, Xu X. 2006. The discovery of Early Ordovician ophiolite melange in Taerbahatai Mts., Xinjiang, NW China. Acta Petrologica Sinica, 22 (12): 2833～2842.

Zhu Y F, Xu X. 2007. Exsolution texture of two-pyroxenes in peridotite from Baijiangtan ophiolitic melange, western Junggar (NW China). Acta Petrologica Sinica, 23(5): 1075～1086.

Zhu Y F, He GQ, An F. 2007a. Geology and metallogenesis in the core part of central Asian: A Review. Geological Bulletin of China, 26: 1167～1177.

Zhu Y F, Xu X, Wei S H, et al. 2007b. Geochemistry and tectonic significance of OIB-type pillow basalts in western Mts. of Karamay city (western Junggar), NW China. Acta Petrologica Sinica, 23(7): 1739～1748.

Lithology and Zircon SHRIMP Chronology of the Biesituobie Gabbro in Tacheng, Xinjiang

ZHU Yongfeng[1)], XU Xin[2)]

1) *School of Earth and Space Science, Peking University, The Key Laboratory of Orogenic Belts and Crustal Evolution, Ministry of Education, Beijing*, 100871; 2) *Xinjiang Resources and Environment Center, Urumqi*, 830000

Abstract

The Biesituobe gabbro, consisting of diopside-augite, enstatite, Ca-rich plagioclase (An: 51～70), and ilmenite-magnetite, intrudes into the Carboniferous monzonitic granite, located ～30km of the south of Tacheng City, Xinjiang. Zircons separated from this gabbro, containing plagioclase and pyroxene inclusions, show a clear sector-zoning pattern. Zircons from two samples were dated to be 273.3±1.8Ma (MSWD = 1.18, n = 20) and 272.5±2.8Ma (MSWD = 0.75, n = 12) by SHRIMP, respectively. The two U-Pb ages are consistent to each other and represent the magma intrusion time of the Biesituobie mafic magma during the Late stage of the Early Permian epoch.

Key words: Gabbro; Early Permian; SHRIMP chronology; Biesituobie; Tacheng; Xinjiang