

·非主题来稿选登·

新疆西准噶尔北部谢米斯台山南坡蛇绿岩带的发现及其意义

赵 磊¹, 何国琦², 朱亚兵³

ZHAO Lei¹, HE Guo-qi², ZHU Ya-bing³

1. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037;

2. 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;

3. 中石油新疆油田分公司石西油田作业区, 新疆 克拉玛依 834000

1. *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;*

2. *Key Laboratory of Orogenic Belts and Crustal Evolution, MOE, School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China*

3. *Operational District Shixi, Xinjiang Oil Field Company, PetroChina, Karamay 834000, Xinjiang, China*

摘要:新疆西准噶尔和什托洛盖谷地以北,沿谢米斯台山南坡出露一套蛇绿混杂岩(查干陶勒盖蛇绿岩),岩石组合自下而上包括蛇纹石化橄榄岩、变质辉长岩、玄武岩、细碧岩及伴生的硅质岩、同源火山碎屑岩等,基质为蛇纹石化橄榄岩和绿片岩相变质玄武岩。蛇绿岩中辉长岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年结果为 $517\text{Ma}\pm 3\text{Ma}$ 和 $519\text{Ma}\pm 3\text{Ma}$,代表了蛇绿岩的形成年龄。蛇绿岩中不同组分(橄榄岩、辉长岩和细碧岩)的稀土元素和微量元素特征,以及细碧岩的 Nb/Yb-Th/Yb 图解均显示该蛇绿岩为洋中脊(MOR)型。查干陶勒盖蛇绿岩与西准噶尔北部的塔尔巴哈台(库吉拜)蛇绿岩、洪古勒楞蛇绿岩,邻区东哈萨克斯坦北部的扎乌尔-塔金蛇绿岩和巴尔克别克蛇绿岩可以很好地进行对比连接,为成吉斯-塔尔巴哈台构造带在西准境内的时空特征提供更多的约束。

关键词:蛇绿岩;锆石 U-Pb 定年;成吉斯-塔尔巴哈台构造带;谢米斯台山;西准噶尔

中图分类号:P588.12⁴;P588.12⁵ 文献标志码:A 文章编号:1671-2552(2013)01-0195-11

Zhao L, He G Q, Zhu Y B. Discovery and its tectonic significance of the ophiolite in the south of Xiemisitai Mountain, West Junggar, Xinjiang. *Geological Bulletin of China*, 2013, 32(1): 195-205

Abstract: Chagantaolegai ophiolite was discovered from the south of Xiemisitai Mountain, north to Heshituoluogai valley in West Junggar, Xinjiang. The ophiolite is represented by a ca. 18km long, north-northeast-striking serpentinite-matrix mélange, which encloses serpentinitized peridotite, gabbro, basalt, spilite, chert blocks and homologous pyroclastic rocks. The LA-ICP-MS zircon U-Pb datings of gabbro in Chagantaolegai ophiolite are $517\text{Ma}\pm 3\text{Ma}$ and $519\text{Ma}\pm 3\text{Ma}$, suggesting Early-Middle Cambrian. The REE patterns, trace element variation diagram and Nb/Yb-Th/Yb diagram show geochemical characteristics of Mid-ocean ridge ophiolite. Chagantaolegai ophiolite could be correlated well with Tarbagatai (Kujibai) ophiolite, Hongguleleng ophiolite in northern part of West Junggar and Zhaur ophiolite, Barkbek ophiolite in northern part of East Kazakhstan, thus providing more constraints for spatiotemporal characteristics of Chingiz-Tarbagatai Belt.

Key words: ophiolite; zircon U-Pb dating; Chingiz-Tarbagatai Belt; Xiemisitai Mountain; West Junggar

收稿日期:2012-12-10;修订日期:2012-12-31

资助项目:中国地质科学院地质研究所所长基金项目《新疆西准地区晚古生代残余洋盆的确定及其意义》(编号:J1127)、中国地质调查局项目《重大地质问题成果集成和亚洲大地构造研究》(编号:1212011120127)和国家自然科学基金项目《新疆西准噶尔谢米斯台山南坡蛇绿岩带的时代、性质及其地质意义》(批准号:41202159)

作者简介:赵磊(1979-),男,博士,助理研究员,从事区域大地构造研究。E-mail: jleiz@163.com

新疆西准噶尔地区是中亚造山带的重要组成部分,记录了古生代以来复杂的俯冲-增生过程^[1-5]。西准地区发育多条蛇绿岩混杂带,由北至南为(图1):①发育在西准噶尔北段的塔尔巴哈台(库吉拜)蛇绿混杂岩带,其辉长岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 $478\text{Ma} \pm 3\text{Ma}$ ^[6];发育在谢米斯台山以北和布克赛尔-洪古勒楞的早古生代蛇绿岩^[7],其堆晶辉长岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 $472\text{Ma} \pm 8\text{Ma}$ ^[8],库吉拜和布克赛尔-洪古勒楞蛇绿岩带是东哈萨克斯坦成吉斯-塔尔巴哈台早古生代构造带延入中国西准北部的重要证据^[6,8];②西准中部的达拉布特蛇绿岩带,其形成时代存在较大争议。辜平等^[9]采用 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 法,得出辉长岩的 $391\text{Ma} \pm 7\text{Ma}$ 和 Sm-Nd 等时线年龄 $395\text{Ma} \pm 12\text{Ma}$ ^[10],与肖序常等^[4]早-中泥盆世放射虫的时代相接近,因此,有学者提出 390Ma 左右的达拉布特蛇绿岩是西准地区最年轻的蛇绿岩^[11-13]。但达拉布特蛇绿岩带还存在奥陶纪的放射虫^[14]和牙形石证据^[15];③与达拉布特蛇绿岩带相平行,何国琦等^[16]厘定了含有奥陶纪牙形石证据的克拉玛依蛇绿岩带,徐新等^[17]认为克拉玛依蛇绿岩带存在 $414\text{Ma} \pm 9\text{Ma}$ 和 $332\text{Ma} \pm 14\text{Ma}$ 两期年龄,后一个较年轻的年龄被认为与蛇绿岩带中的尖晶石二辉橄榄岩变质事件有关^[18];④20世纪90年代,前人就在西准噶尔带南段的唐巴勒地区鉴别出了时代为早古生代的蛇绿岩、蓝片岩和相关陆缘组合^[19-20];最近,赵文平^[21]确认巴尔鲁克蛇绿岩与玛依勒蛇绿岩属同一个蛇绿构造混杂岩带,巴尔鲁克蛇绿岩不同组分的锆石 U-Pb 测年结果为 $492 \sim 512\text{Ma}$,侵入到玛依勒蛇绿岩的杂岩体年龄为 $493 \sim 501\text{Ma}$,限定了玛依勒蛇绿岩的形成时代为中晚寒武世之前^[22]。由此可见,西准众多蛇绿混杂岩带的主体形成时代为早古生代。但长期以来,对于上述不同蛇绿岩带之间的对比连接关系和形成的构造背景仍存在争议。

本文报道位于谢米斯台山南坡、西距和丰县城 70km 的蛇绿岩带(本文命名为查干陶勒盖蛇绿岩带)的地质学特征。该蛇绿岩带位于新疆西准地区南北地质分区带的关键位置(图1),并且是西准地区一条尚未确定属性的构造带。查干陶勒盖蛇绿岩带的研究,可以促进西准多条蛇绿岩带间的对比连接,为新疆西准地区古生代大地构造演化模式提供新的证据。

1 蛇绿岩带的地质学特征

1.1 区域地质背景

西准地区以白杨河-和什托洛盖东西向谷地一线为界,南北部的沉积和化石组合有明显差异^[25]。北部谢米斯台山和沙尔布提山地区的地层序列比较完整,化石丰富,地层划分比较清楚。而南部达拉布特、玛依勒一带地层极为复杂,化石稀少,是蛇绿岩的主要分布区。晚古生代期间两侧发育截然不同的沉积建造。北部额敏山、谢米斯台山、萨吾尔山一带,从早泥盆世以来先后爆发了多个喷发旋回,泥盆纪-石炭纪存在多次沉积间断和角度不整合。每个喷发旋回都从基性的玄武岩、橄榄玄武岩开始,逐渐演化为安山岩、流纹岩结束。南部玛依勒山、扎伊尔山一带,奥陶纪-泥盆纪长期持续发育深海相复理石建造,陆源碎屑成分较少,具有深海-一次深海相沉积特征。

查干陶勒盖蛇绿岩带恰好位于白杨河-和什托洛盖谷地以北,巴音布拉克-查干陶勒盖断裂带以南,呈南西西-北东东向展布,断续出露,长度达 18km (图1、图2)。

1.2 蛇绿岩的组成及岩石学特征

1:20万乌尔禾幅地质图^①提供了查干陶勒盖超基性岩的线索,经过笔者详细的野外工作鉴定,查干陶勒盖超基性岩具有蛇绿混杂岩的特点。在研究区内虽未见完整的蛇绿岩剖面,但除了席状辉绿岩岩墙外,其它与典型蛇绿岩各层位相当的岩石类型均有出露(图2、图3)。这些岩石多呈大小不等的构造岩块产出,基质为蛇纹石化橄榄岩和绿片岩相变质玄武岩。根据对查干陶勒盖岩体的野外地质调查,经恢复后的岩石层序从底至顶依次为:以变质橄榄岩为主体的残余地幔岩、堆晶辉长岩、块状辉长岩、玄武岩(变基性火山岩)、细碧岩及伴生的硅质岩和同源火山碎屑岩等(图版 I-a~e)。蛇绿岩体组合中以变质辉长岩和变基性火山岩为主(图版 I-a),大部分橄榄岩已强烈蛇纹石化和碳酸岩化(图版 I-b)。

橄榄岩镜下观察已全部蛇纹石化,但仍保留橄榄石矿物的假象,呈不规则的它形粒状,裂纹发育。颗粒直径大小不等,最大可达 2mm (图版 I-g)。变质辉长岩镜下呈变余辉长结构,岩石虽强烈变质,但仍保持辉长结构。斜长石为短柱状,具有明显的聚片双晶。辉石已全部退变质成角闪石,并包裹斜长石,

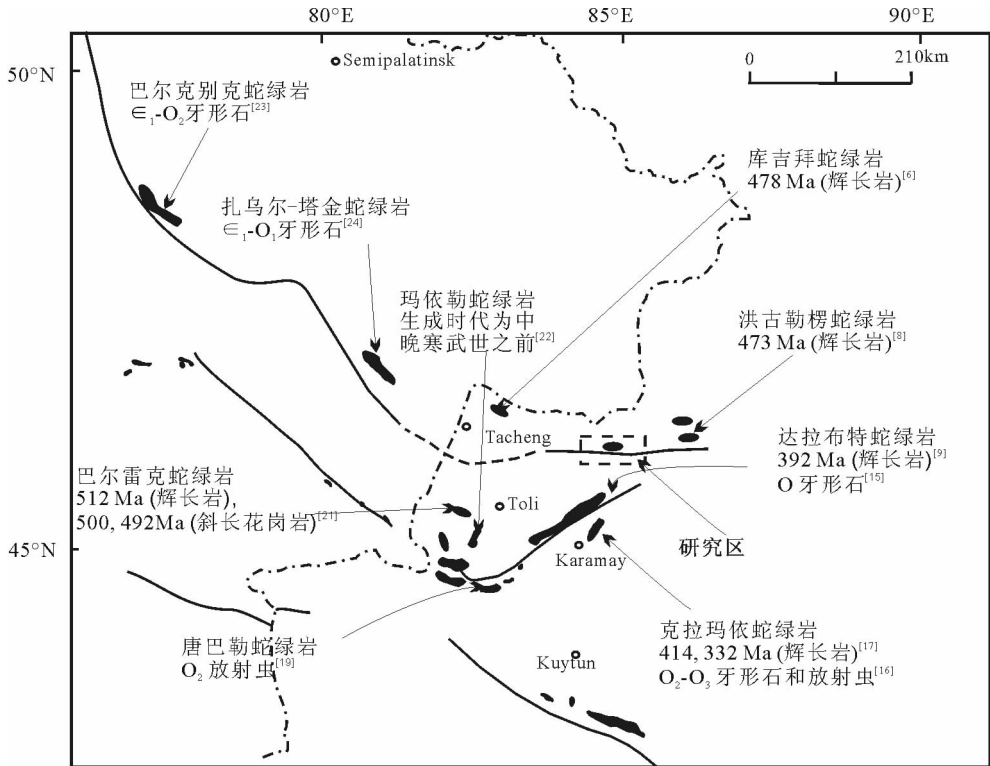


图 1 新疆西准及其邻区蛇绿岩时空分布简图(据参考文献[11]修改; 年代学数据除微体时代外均为锆石 U-Pb 年龄)

Fig.1 Distribution of ophiolitic fragments and their zircon U-Pb (except where specifically noted) and microfossil ages

显示典型的含长嵌晶结构(图版 I-h)。

查干陶勒盖蛇绿岩体被下石炭统和布克河组灰岩不整合覆盖(图版 I-f),可以确定该蛇绿岩的侵位年龄不晚于早石炭世。

2 蛇绿岩测年结果

分析样品为辉长岩(样号为 HF-3、HF-5, 地理坐标为 46°33'43"N、85°11'59"E,图 3)。锆石阴极发光显微图像(CL 图像)照相在北京离子探针中心完成。LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年测试分析在中国地质科学院矿产资源研究所 MC-ICP-MS 实验室完成, 锆石定年分析所用仪器为 Finnigan Neptune 型 MC-ICP-MS 及与之配套的 Newwave UP 213 激光剥蚀系统。激光剥蚀所用斑束直径为 25μm, 频率为 10Hz, 能量密度约为 2.5J/cm², 以 He 为载气。均匀锆石颗粒 ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb、²⁰⁶Pb/²³⁸U、²⁰⁷Pb/²³⁵U 的测试精度(2σ)均为 2%左右, 对标准锆石的定年精度和准确度在 1%

(2σ)左右。数据处理采用 ICPMSDataCal 程序^[26], 锆石年龄谐和图用 Isoplot 3.0 程序获得。详细实验测试过程、分析步骤和数据处理方法参见文献[27]。

阴极发光图像(图 4)显示锆石具有明显的带状振荡环带或扇形分带, 具典型的岩浆锆石的特征。所测锆石的 U 与 Th 含量较高, 分别介于 45×10⁻⁶~417×10⁻⁶ 和 17×10⁻⁶~1313×10⁻⁶ 之间, 锆石的 Th/U 比值也较高, 除 HF-5-8 点值为 0.24 外, 其余在 1.24~4.218 之间(表 1), 表明所测定的锆石为岩浆成因锆石^[28]。测试过程中, 尽量选择阴极发光环带明显、无包裹体、无裂纹的锆石晶体。

对 2 个样品各进行 15 个点的分析, 样品 HF-3 给出的 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄变化范围为 514~521Ma, 在置信度大于 95%时的 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄加权平均值为 517 Ma±3Ma(MSWD=0.16)。样品 HF-5 给出的 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄变化范围为 513~522Ma, 在置信度大于 95%时的 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄加权平均值为 519Ma±3Ma

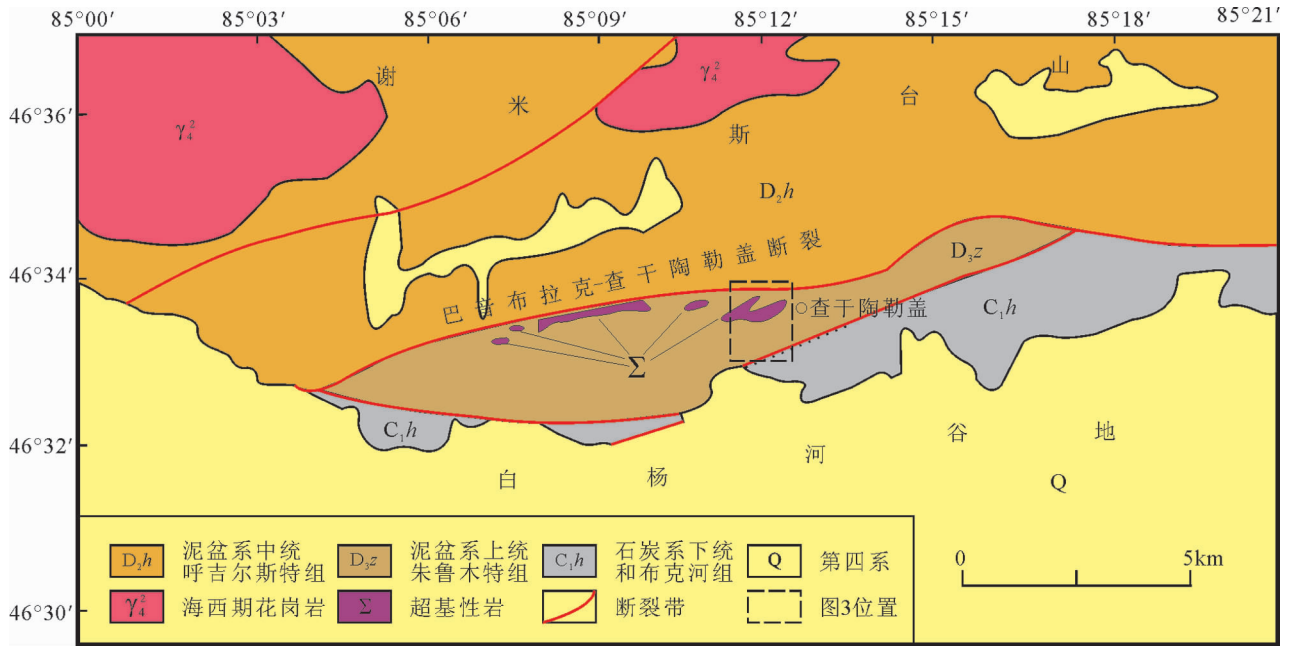


图2 查干陶勒盖地区区域地质简图^①

Fig.2 Geological sketch map of Chagantaolegai area, northern West Junggar

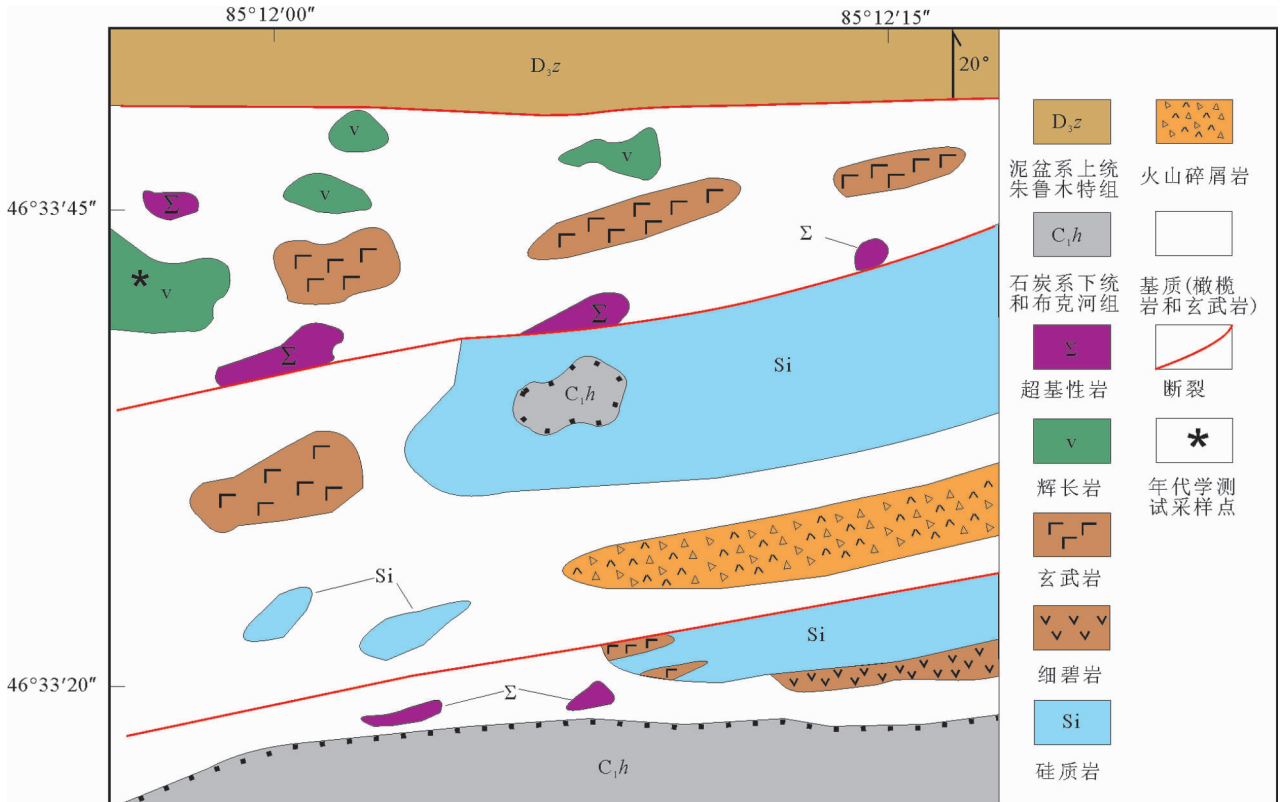
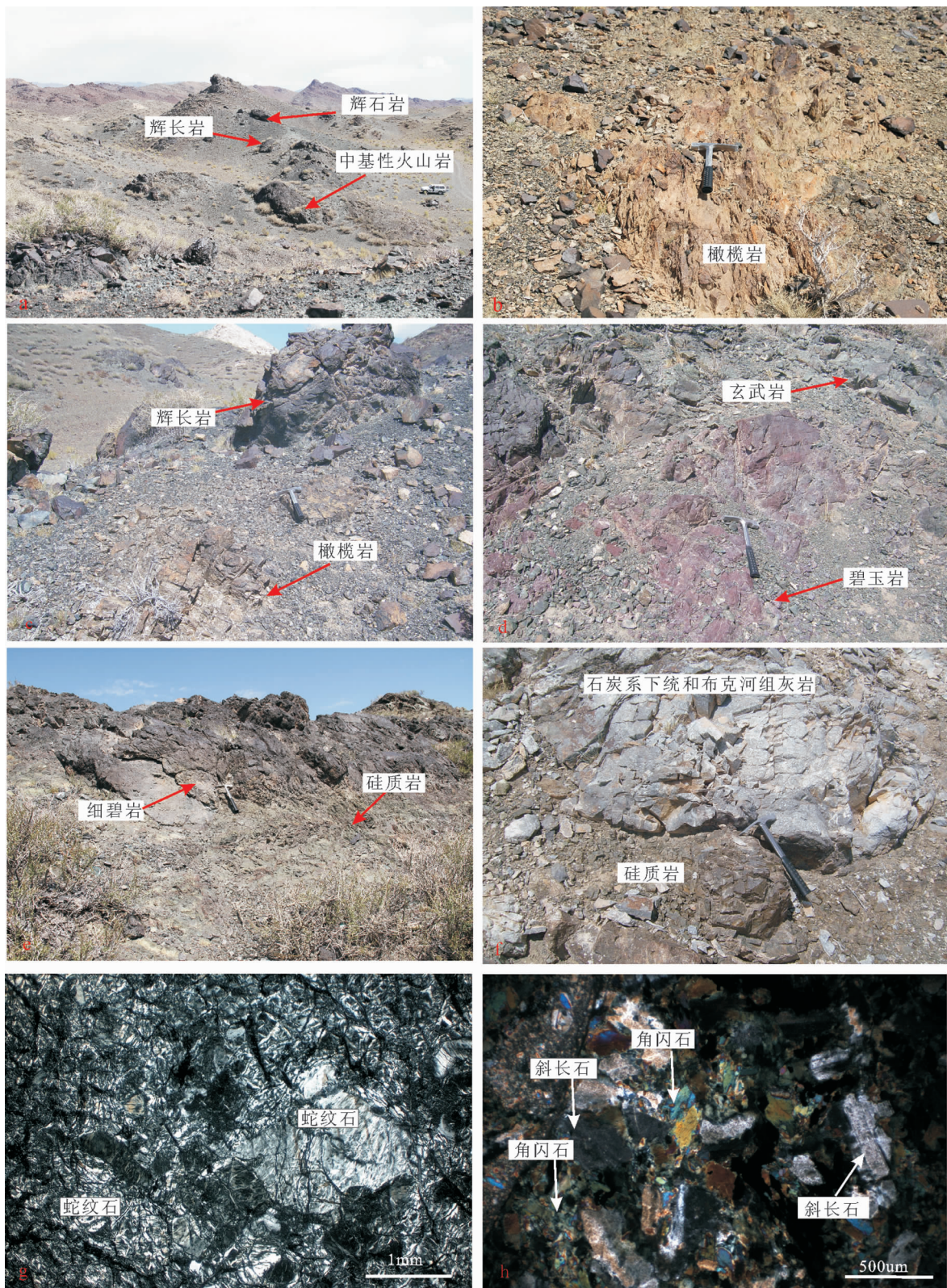


图3 查干陶勒盖蛇绿岩地质简图

Fig.3 Geological sketch map of Chagantaolegai ophiolite

图版 I Plate I



a~e.查干陶勒盖蛇绿岩各组分的野外露头;f.查干陶勒盖蛇绿岩体被下石炭统和布克河组灰岩不整合覆盖;g.变质橄榄岩镜下显微照片(单偏光);h.变质辉长岩镜下显微照片(正交偏光)

(MSWD=0.24)(图5)。由于这些锆石具有明显的岩浆成因振荡环带, 所以将年龄 $517\text{Ma} \pm 3\text{Ma}$ 、 $519\text{Ma} \pm 3\text{Ma}$ 解释为查干陶勒盖蛇绿岩体中辉长岩的形成年龄。

3 蛇绿岩地球化学特征和构造环境判别

样品的量、微量和稀土元素测试在中国地质科学院国家地质实验测试中心完成(表2)。其中, 微量元素检测在 X-荧光光谱仪 3080E 上完成, 方法精密度 $\text{RSD} < 2\% \sim 8\%$; 微量和稀土元素用等离子质谱仪 ICP-MS 测定, 其方法精密度 $\text{RSD} < 10\%$ 。

3.1 微量元素特征

蛇纹石化橄榄岩主要元素的平均含量 SiO_2

为 41.13%, Fe_2O_3 为 5.69%, FeO 为 2.11%, MgO 为 37.07%, 镁铁比值 $\text{Mg}^\# = 100 \times \text{Mg} / (\text{Mg}^{2+} + \text{Fe}^{2+})$, 介于 96.38~97.98 之间, 具有富 Mg 的特点, 与洋壳底部变质地幔橄榄岩的特征一致, 属典型的蛇绿岩型超镁铁岩^[29]。

变质辉长岩主要元素的平均含量 SiO_2 为 46.75%、 Fe_2O_3 为 2.78%、 FeO 为 8.76%、 MgO 为 6.76%; TiO_2 为 1.29%, 与蛇绿岩套中超镁铁质堆晶岩的化学成分类似^[29]。

细碧岩与一般玄武岩比较, 具有相对高 Si、高 Na、低 K 和低 Ca 的特点, 查干陶勒盖蛇绿岩中的细碧岩 SiO_2 质量分数为 48.59%~57.52%, 平均值为 52.65%; Na_2O 质量分数为 4.14%~7.68%, 平均值为

表 1 辉长岩锆石(HF-3、HF-5)U-Th-Pb 同位素分析结果

Table 1 Zircon (HF-3, HF-5) U-Th-Pb isotopic analytical results of gabbros in Chagantaolegai ophiolite

测点	Pb (总) / 10^{-6}	^{232}Th / 10^{-6}	^{238}U / 10^{-6}	Th/U	同位素比值				同位素年龄/Ma			
					$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1s	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1s	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ
HF-3-3	1670	244	125	1.95	0.753	0.019	0.084	0.002	570	11	517	12
HF-3-6	1662	250	106	2.35	0.741	0.026	0.083	0.003	563	15	516	19
HF-3-7	8202	1233	417	2.96	0.725	0.008	0.083	0.001	554	5	515	5
HF-3-8	2124	340	138	2.47	0.676	0.008	0.084	0.001	524	5	517	5
HF-3-12	972	179	104	1.72	0.714	0.029	0.084	0.003	547	17	520	20
HF-3-13	6365	1313	353	3.72	0.710	0.018	0.084	0.002	545	11	519	13
HF-3-15	1452	321	101	3.17	0.681	0.028	0.084	0.001	527	17	521	6
HF-3-17	725	163	53	3.05	0.732	0.019	0.084	0.001	558	11	519	5
HF-3-20	2047	465	137	3.38	0.685	0.007	0.084	0.000	530	4	518	3
HF-3-21	2352	345	97	3.57	0.684	0.009	0.083	0.001	529	5	516	3
HF-3-22	1195	156	58	2.70	0.733	0.012	0.084	0.001	558	7	523	6
HF-3-24	3182	292	86	3.38	0.683	0.016	0.084	0.001	529	10	522	9
HF-3-26	1353	128	61	2.10	0.704	0.030	0.083	0.002	541	18	514	9
HF-3-28	9420	658	156	4.21	0.692	0.012	0.083	0.001	534	7	516	5
HF-3-29	5776	349	95	3.67	0.679	0.011	0.083	0.001	526	7	516	3
HF-5-1	819	125	66	1.91	0.696	0.017	0.084	0.001	536	10	522	7
HF-5-2	2332	328	141	2.33	0.695	0.019	0.084	0.002	536	12	519	12
HF-5-3	2332	349	162	2.15	0.709	0.024	0.084	0.002	544	14	521	11
HF-5-4	363	56	45	1.24	0.692	0.024	0.083	0.002	534	15	513	10
HF-5-8	111	17	72	0.24	0.667	0.018	0.083	0.001	519	11	516	3
HF-5-9	704	297	102	2.91	0.674	0.032	0.084	0.000	523	20	520	2
HF-5-10	397	208	116	1.79	0.683	0.006	0.084	0.001	529	4	519	3
HF-5-12	148	79	46	1.70	0.705	0.013	0.084	0.001	542	8	520	8
HF-5-16	584	296	89	3.31	0.716	0.010	0.084	0.002	549	6	518	14
HF-5-18	959	484	131	3.70	0.659	0.009	0.083	0.001	514	5	514	6
HF-5-22	465	238	72	3.32	0.667	0.016	0.083	0.002	519	10	515	13
HF-5-27	674	284	115	2.46	0.684	0.011	0.084	0.001	529	7	522	7
HF-5-28	437	241	94	2.57	0.674	0.024	0.084	0.002	523	15	518	9
HF-5-29	352	240	95	2.54	0.683	0.056	0.084	0.006	529	34	517	37
HF-5-30	175	95	61	1.55	0.687	0.033	0.084	0.000	531	20	521	3

表 2 查干陶勒盖蛇绿岩的主量元素和微量元素分析结果
Table 2 Major elements and trace elements of Chagantaolegai ophiolite

岩性 样品号	蛇纹石化橄榄岩					变质辉长岩				碧玉岩				
	HF-8	HF-9	HF-10	HF-11	HF-21	HF-2	HF-3	HF-12	HF-20	HF-22	HF-23	HF-24	HF-25	HF-26
SiO ₂	41.41	42.95	39.55	41.64	40.12	48.95	49.59	45.47	41.8	53.43	49.61	48.59	54.09	57.52
Al ₂ O ₃	0.8	0.61	0.91	0.78	0.72	14.4	14.12	14.39	14.79	12.76	12.61	13.95	15.02	10.76
Fe ₂ O ₃	4.78	4.73	7.52	4.96	6.45	3.28	3.28	2.35	2.94	8.68	10.61	9.15	8.61	7.35
FeO	2.26	2.44	2.05	2.39	1.4	9.86	9.65	7.42	9.92	2.42	1.8	3.27	1.6	1.78
CaO	0.18	0.19	0.17	0.59	0.17	8.81	8.68	18	15.79	6.4	8.45	6.54	5.23	7.73
MgO	36.88	36.5	37.1	36.65	38.2	6	5.88	7.18	7.68	2.4	2.06	3.42	1.63	1.87
K ₂ O	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.15	0.14	0.06	0.05	0.6	0.1	0.33	0.08	0.67
Na ₂ O	0.1	0.11	0.1	0.11	0.1	3.8	3.94	0.48	0.25	5.19	5.77	5.48	7.68	4.14
TiO ₂	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	1.52	1.51	1.05	1.61	2.33	2.64	2.89	1.82	1.76
MnO	0.1	0.09	0.11	0.08	0.09	0.21	0.21	0.17	0.24	0.14	0.13	0.16	0.07	0.13
P ₂ O ₅	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.12	0.12	0.07	0.13	1.14	0.63	0.81	0.31	0.83
H ₂ O	12.34	11.46	12.18	11.52	12.37	2.04	2.02	2.8	4.08	1.78	1.66	2.58	1.28	1.62
CO ₂	0.26	0.26	0.26	0.26	0.39	0.17	0.09	0.34	0.26	2.5	4.4	2.5	2.41	3.36
LOI	12.4	11.86	12.21	12.11	12.97	1.81	1.76	2.91	4.03	4	5.32	4.76	3.55	5.31
Total	111.55	111.23	112.21	111.13	113.01	101.12	100.99	102.69	103.57	103.77	105.79	104.43	103.38	104.83
Mg [#]	96.67	96.38	96.99	96.47	97.98	52.02	52.05	63.29	57.97	63.86	67.09	65.08	64.48	65.18
Rb	0.100	0.114	0.107	0.269	0.086	1.43	1.36	0.32	0.23	6.2	1.3	4.51	0.84	11.2
Ba	7.634	6.046	7.081	11.300	12.170	58.8	45.1	12	7.69	495	100	250	65	349
Th	0.016	0.012	0.020	0.013	0.016	0.41	0.43	0.24	0.39	1.47	0.99	1	0.68	1.43
U	0.003	0.029	0.011	0.041	0.005	0.09	0.09	0.05	0.09	0.71	0.51	0.81	0.38	0.47
Nb	0.061	0.046	0.051	0.049	0.031	1.94	1.88	1.11	1.91	18.3	12.8	14.3	7.78	14
Ta	0.052	0.032	0.027	0.042	0.023	0.21	0.19	0.1	0.15	1.16	0.84	0.94	0.5	0.94
Sr	5.025	5.424	6.346	5.283	5.385	154	117	20.7	85.7	376	329	457	171	333
Y	0.508	0.353	0.402	0.278	0.485	34.9	35.3	21.1	39.5	44.9	30.7	35.7	18	33.2
Zr	0.635	0.565	0.555	0.506	0.863	80.4	80	39.1	83.5	224	158	176	88.9	170
Hf	0.024	0.017	0.025	0.024	0.026	2.73	2.62	1.37	2.79	5.54	4	4.53	2.44	4.58
La	0.049	0.059	0.095	0.218	0.084	3.77	3.74	2.09	3.57	28.4	17.5	21.5	9.88	21.7
Ce	0.151	0.124	0.216	0.294	0.185	11	10.8	5.98	10.5	67.8	40.9	51.4	26.2	51.7
Pr	0.022	0.017	0.034	0.027	0.028	1.83	1.89	1.05	1.87	9.79	5.95	7.43	3.63	7.32
Nd	0.103	0.095	0.159	0.099	0.114	9.91	9.79	5.71	10.1	43.7	26.5	33.1	16.6	32.5
Sm	0.052	0.015	0.051	0.023	0.042	3.58	3.33	2.07	3.77	10.5	6.52	8.03	4.36	7.65
Eu	0.029	0.025	0.046	0.118	0.024	1.17	1.13	0.77	1.41	3.37	2.29	2.81	1.61	2.49
Gd	0.047	0.031	0.068	0.040	0.041	4.77	4.87	2.83	5.28	10.5	6.95	8.62	4.39	7.88
Tb	0.008	0.005	0.011	0.006	0.010	0.87	0.84	0.52	0.92	1.49	0.99	1.16	0.62	1.12
Dy	0.084	0.034	0.068	0.057	0.052	5.98	5.9	3.47	6.73	8.69	5.79	7.14	3.6	6.61
Ho	0.018	0.011	0.008	0.011	0.013	1.32	1.32	0.78	1.45	1.67	1.16	1.34	0.7	1.3
Er	0.042	0.018	0.043	0.029	0.038	3.7	3.68	2.16	4.1	4.28	3.02	3.54	1.82	3.29
Tm	0.012	0.006	0.005	0.006	0.006	0.62	0.62	0.37	0.71	0.65	0.47	0.55	0.28	0.52
Yb	0.067	0.035	0.056	0.047	0.054	4.27	4.22	2.42	4.52	4.13	2.91	3.4	1.73	3.34
Lu	0.011	0.006	0.007	0.007	0.008	0.57	0.57	0.36	0.65	0.59	0.39	0.46	0.23	0.46
Σ REE	0.70	0.48	0.87	0.98	0.70	53.36	52.70	30.58	55.58	195.56	121.34	150.48	75.65	147.88
(La/Yb) _N	0.52	1.21	1.22	3.33	1.12	0.63	0.64	0.62	0.57	4.93	4.31	4.54	4.10	4.66
δ Eu	1.76	3.52	2.42	11.83	1.77	0.87	0.86	0.97	0.97	0.97	1.03	1.03	1.11	0.97

注:主量元素含量%,微量和稀土元素含量 10⁻⁶

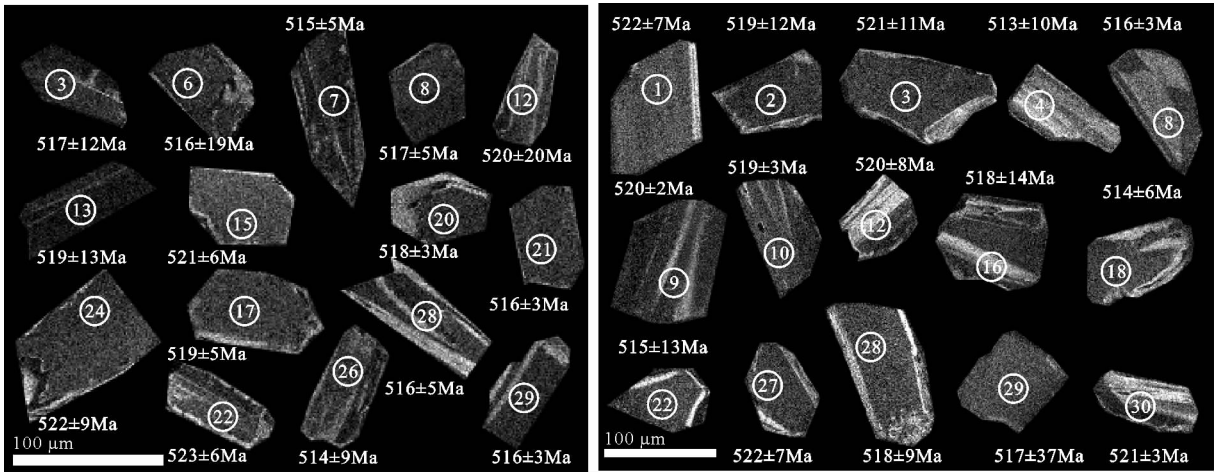


图4 辉长岩样品 HF-3(左)和 HF-5(右)锆石的阴极发光图像
Fig.4 Cathode luminescence images of zircons from gabbro samples

5.65%; 而 K_2O 质量分数的质量分数较低 (0.08%~0.67%), 且 $Na_2O > K_2O$, Na_2O/K_2O 为 6.18~96, 同时, CaO/Na_2O 为 0.68%~1.87, 与根据 $CaO/Na_2O < 1.9$ 和 $Na_2O > 3.5\%$ [30] 界定的细碧岩类一致。

3.2 稀土、微量元素特征和构造环境判别

蛇纹石化橄榄岩稀土元素含量很低, ΣREE 仅为 $0.48 \times 10^{-6} \sim 0.98 \times 10^{-6}$, 小于球粒陨石含量, 显示出强烈亏损和很高的熔融程度特征, 与蛇绿岩中纯橄榄岩的特征相似 [31], 为贫稀土的超镁铁岩, 是残余地幔成因橄榄岩。稀土元素配分模式呈不规则的下凹型或者平坦型 (图 6-a), δEu 值为 1.76~11.83, 具有明显的正 Eu

异常, 可能与橄榄岩强烈的蛇纹石化有关。

变质辉长岩的稀土元素总量除去样品 HF-12 (30.58×10^{-6}) 外, 其余为 $52.7 \times 10^{-6} \sim 55.58 \times 10^{-6}$, 波动较小, 稀土元素配分模式呈轻稀土元素略亏损, 重稀土元素略富集的上凸型配分模式 ($(La/Yb)_N$ 为 0.57~0.64, 图 6-a), 与 Coleman 研究的蛇绿岩中辉长岩的稀土元素分配模式大体相仿 [29], δEu 值为 0.86~0.97, 无明显的 Eu 异常。

细碧岩的稀土元素总量变化较大, 为 $75.65 \times 10^{-6} \sim 195.56 \times 10^{-6}$, 与变质辉长岩不同, 细碧岩的稀土元素分配模式呈现轻稀土元素富集而重稀土元素

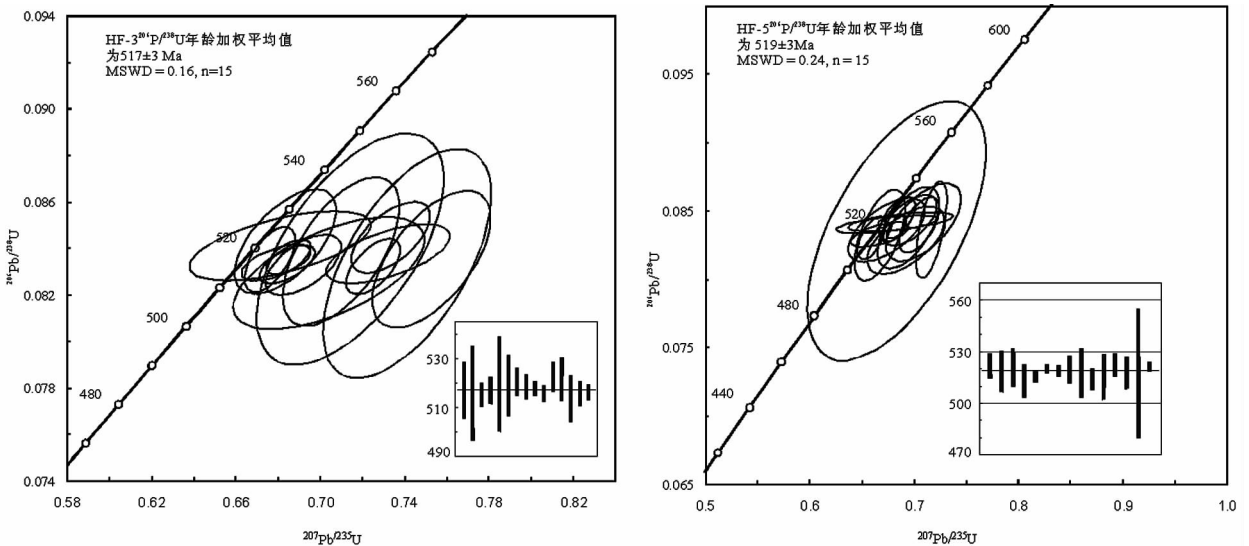


图5 查干陶勒盖蛇绿岩中辉长岩 HF-3(左)和 HF-5(右)锆石 U-Pb 谐和图
Fig.5 Zircon concordia diagram of gabbros in Chagantaolegai ophiolite

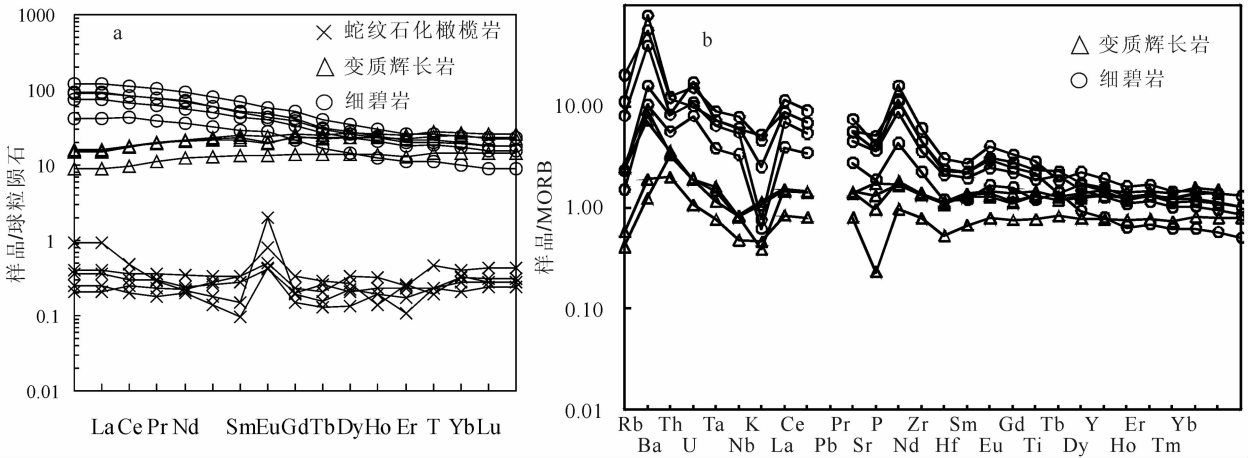


图 6 查干陶勒盖蛇绿岩稀土元素球粒陨石标准化图解(a)和微量元素 MORB 标准化蛛网图(b)
(球粒陨石和 MORB 值分别据参考文献[32]和[33])

Fig.6 Chondrite-normalized REE patterns and MORB normalized spidergrams for Chagantaolegai ophiolite

平坦的右倾配分模式((La/Yb)_N为 4.1~4.93,图6-a)。近年来关于 MORB 的研究证明,MORB 具有明显的地球化学特征差异,在 MORB 成因中存在岩浆演化和不均匀地幔源区混入等因素的影响^[34-35],同时,研究证明 MORB 可以有富集型(E-MORB)、过渡型(T-MORB)和亏损型(N-MORB)3 种类型。查干陶勒盖蛇绿岩中细碧岩的稀土元素分布特征与 E-MORB 相比具有一定的相似性,而变质辉长岩的稀土元素分布特征则具有 N-MORB 的特征,反

映了地幔源区的不均一性。

微量元素蛛网图能够深刻地揭示岩浆成因、演化及其构造背景。查干陶勒盖蛇绿岩中的玄武质岩石微量元素 Pearce 比值蛛网图解(图 6-b)表明,E-型和 N-型岩石具有相同的微量元素配分型式,均以高场强元素(Zr 至 Yb)不分异并贴近于 MORB 为特征,并向最不兼容性元素(Ba、Rb)升高,显示其为 MORB 型蛇绿岩。查干陶勒盖蛇绿岩以微量元素总量低、特别是高场强元素不分异且贴近于 MORB

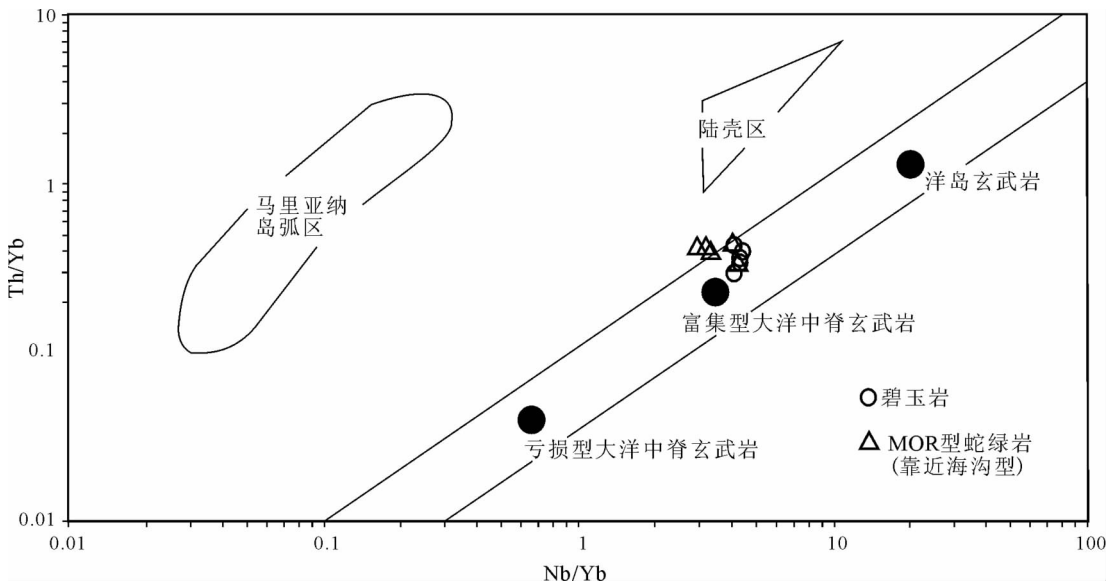


图 7 查干陶勒盖蛇绿岩细碧岩 Nb/Yb-Th/Yb 图解(底图据参考文献[33])

Fig. 7 Nb/Yb-Th/Yb Diagram for spilites in Chagantaolegai ophiolite

标准样而明显区别于板内拉斑玄武岩,以无 Ta、Nb 负异常和 Sr 正异常区别于与俯冲作用相关的蛇绿岩^[33,36]。变质辉长岩和细碧岩中 Sr 的负异常可能是由于斜长石矿物对 Sr 元素的控制作用引起的。由于 Sr 在斜长石中的分配系数大,所以斜长石结晶时熔体会出现 Sr 亏损。

研究表明,Ti、V、Th、Yb、Nb 在变质作用和蚀变中最不活跃,它们是最为可靠的区分俯冲作用相关岩浆和其它类型岩浆的指标,尤其在与其它地球化学指标和基于野外的区域构造约束联合运用中更加可靠^[33,36]。在 Nb/Yb-Th/Yb 图解(图7)中,查干陶勒盖蛇绿岩中的细碧岩投到地幔序列内 E-MORB 附近,与 MOR 型蛇绿岩(靠近海沟型)^[33]相近。与俯冲作用相关的蛇绿岩在本图中明显偏离地幔序列而趋向于与俯冲有关的马里亚纳岛弧区域^[33]。

4 讨论及地质意义

初步研究发现,在新疆西准和什托洛盖谷地以北的谢密斯台山南坡,沿巴音布拉克-查干陶勒盖断裂带出露一套蛇绿混杂岩。蛇绿岩的岩石组合主要包括变质橄榄岩、变质辉长岩、变基性火山岩、细碧岩及伴生的硅质岩、同源火山碎屑岩等。辉长岩中的锆石 U-Pb 定年结果显示该蛇绿岩的形成时代为520Ma左右,表明该蛇绿岩所代表的洋盆在早中寒武世已经存在。同时,蛇绿岩不同组分的稀土、微量元素地球化学特征显示查干陶勒盖蛇绿岩为 MOR 型。而位于西准北部的塔尔巴哈台和洪古勒楞蛇绿岩带也具有 MOR 型蛇绿岩的特点^[37],堆晶岩比较发育,堆晶韵律明显,主要由异剥橄榄岩、橄长岩层状辉长岩和辉长岩组成,顶部玄武岩稀土元素和不相容元素地球化学特征与 N-MORB 相近。查干陶勒盖蛇绿岩与其东边的洪古勒楞蛇绿岩^[8]和西边的塔尔巴哈台蛇绿岩^[6]在形成时代和地球化学特征上都具有很好的可对比性(图1),因此可能代表一条同时代同性质的蛇绿混杂岩带。

成吉斯-塔尔巴哈台构造带在东哈萨克斯坦境内很早就被确立为一条早古生代造山带^[23],在其南缘出露寒武纪—奥陶纪的巴尔克别克^[23]和扎乌尔-塔金蛇绿岩^[24]。近年来,由于西准北缘奥陶纪塔尔巴哈台蛇绿岩的发现,东哈萨克斯坦早古生代的成吉斯-塔尔巴哈台构造带可以确定向东延入中国西准北缘^[38],并且可与和布克赛尔-洪古勒楞蛇绿岩带相

连接^[8]。西准北缘谢密斯台山南坡查干陶勒盖蛇绿岩的发现,可以确定贯穿东哈萨克斯坦-西准噶尔的早古生代大洋在早中寒武世时就已经在西准北缘发育,并将成吉斯-塔尔巴哈台构造带的南缘延伸至谢密斯台山的南坡,从而完善了成吉斯-塔尔巴哈台早古生代构造带在中国西准北缘的时空特征,最终为东哈萨克斯坦-西准噶尔的大地构造分区提供新的证据。本文对于查干陶勒盖蛇绿岩的研究还处于开始阶段,对该蛇绿岩带组分的精细厘定和地球化学特征的研究,将会进一步约束东哈萨克斯坦-西准噶尔地区古生代大洋的演化模式。

5 结论

(1)在新疆西准和什托洛盖谷地以北的谢密斯台山南坡,出露一套蛇绿混杂岩,岩石组合主要包括变质橄榄岩、变质辉长岩、变基性火山岩、细碧岩及伴生的硅质岩、同源火山碎屑岩等。

(2)查干陶勒盖蛇绿岩为 MOR 型蛇绿岩,与俯冲带型蛇绿岩具有明显差异,其中变辉长岩锆石 U-Pb 定年结果为 $517\text{Ma}\pm 3\text{Ma}$ 和 $519\text{Ma}\pm 3\text{Ma}$,说明查干陶勒盖蛇绿岩形成于早中寒武世。

(3)查干陶勒盖蛇绿岩与西准北部的塔尔巴哈台(库吉拜)蛇绿岩、洪古勒楞蛇绿岩,邻区东哈萨克斯坦北部的扎乌尔-塔金蛇绿岩和巴尔克别克蛇绿岩可以很好地对比连接,从而为成吉斯-塔尔巴哈台构造带在西准境内的时空特征提供进一步的约束。

致谢: LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年得到中国地质科学院矿产资源研究所侯可军和中国地质科学院地质研究所李舫的支持和帮助,审稿人提出了宝贵的修改意见,在此一并表示衷心的感谢。

参考文献

- [1]Zhu Y F, Zhang L, Gu L B, et al. The Zircon SHRIMP chronology and trace element geochemistry of the Carboniferous volcanic rocks in western Tianshan Mountains[J]. Chinese Science Bulletin, 2005, 50(19): 2201-2212.
- [2]Windley B F, Alexeev D, Xiao W J, et al. Tectonic models for accretion of the Central Asian Orogenic belt[J]. Journal of Geological Society of London, 2007, 164: 31-47.
- [3]Xiao W J, Han C M, Yuan C, et al. Middle Cambrian to Permian subduction-related accretionary orogenesis of northern Xinjiang, NW China: implications for the tectonic evolution of Central Asia[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2008, 32: 102-117.
- [4]肖序常,汤耀庆,冯益民. 新疆北部及邻区大地构造[M]. 北京:地

- 质出版社,1992:104-123.
- [5]肖文交,韩春明,袁超,等.新疆北部石炭纪—二叠纪独特的构造成矿作用:对古亚洲洋构造域南部大地构造演化的制约[J].岩石学报,2006,22(5):1062-1076.
- [6]朱永峰,徐新.新疆塔尔巴哈台山发现早奥陶世蛇绿混杂岩[J].岩石学报,2006,22(12):2833-2842.
- [7]黄建华,吕喜朝,朱星南.北疆准噶尔洪古勒楞蛇绿岩研究新进展[J].新疆地质,1995,13:20-30.
- [8]张元元,郭召杰.准噶尔北部蛇绿岩形成时限新证据及其东、西准噶尔蛇绿岩的对比研究[J].岩石学报,2010,26(02):421-430.
- [9]辜平阳,李永军,张兵,等.西准达尔布特蛇绿岩中辉长岩 LA-LCP-MS 锆石 U-Pb 测年[J].岩石学报,2009,25(6):1364-1372.
- [10]Zhang C, Zhai M G, Allen M B, et al. Implications of Palaeozoic ophiolites from West Junggar, NW China, for the tectonics of Central Asia[J]. Journal of the Geological Society of London, 1993, 150: 551-561.
- [11]韩宝福,郭召杰,何国琦.“缝合岩体”与新疆北部主要缝合带的形成时限[J].岩石学报,2010,26(08):2233-2246.
- [12]陈石,郭召杰.达拉布特蛇绿岩带的时限和属性以及对西准噶尔晚古生代构造演化的讨论[J].岩石学报,2010,26(08):2336-2344.
- [13]董连慧,朱志新,屈迅,等.新疆蛇绿岩带的分布、特征及研究新进展[J].岩石学报,2010,26(10):2894-2904.
- [14]舒良树,卢华复,印栋浩,等.新疆北部古生代大陆增生构造[J].新疆地质,2001,19(01):59-63.
- [15]Samygin S G, Ruzhentsev S V, Pospelov I I, et al. Variscan Junggar transform zone: an experience of revelation[C]// Tectonic and geodynamics basis. Moscow, 1997.
- [16]何国琦,刘建波,张越迁,等.准噶尔盆地西缘克拉玛依早古生代蛇绿混杂岩带的厘定[J].岩石学报,2007,23(07):1573-1576.
- [17]徐新,何国琦,李华芹,等.克拉玛依蛇绿混杂岩带的基本特征和锆石 SHRIMP 年龄信息[J].中国地质,2006,33:470-475.
- [18]朱永峰,徐新,陈博,等.西准噶尔蛇绿混杂岩中的白云石大理岩和石榴角闪岩:早古生代残余洋壳深俯冲的证据[J].岩石学报,2008,24(12):2767-2777.
- [19]肖序常,汤跃庆,李锦轶,等.试论新疆北部大地构造演化[J].新疆地质科学,1990,(1):47-68.
- [20]张立飞.新疆西准噶尔唐巴勒蓝片岩 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄及其地质意义[J].科学通报,1997,42(20):2178-2181.
- [21]赵文平.新疆西准噶尔南部古生代地层初步划分及巴尔鲁克蛇绿岩有关问题[C]//环巴尔喀什—西准噶尔大型矿集区国际对比研究国际学术研讨会论文摘要,乌鲁木齐,2011:2-35.
- [22]Xu Z, Han B F, Ren R, et al. Ultramafic-mafic mélange, island arc and post-collisional intrusions in the Mayile Mountain, West Junggar, China: Implications for Paleozoic intra-oceanic subduction-accretion process[J]. Lithos, 2012, 132-133:141-161.
- [23]Degtyarev K E. Tectonic Evolution of the Early Paleozoic Active Margin in Kazakhstan[M]. Moscow, Nauka, 1999, 123.
- [24]何国琦,李茂松.中亚蛇绿岩带研究进展及区域构造连接[J].新疆地质,2000,18(3):193-202.
- [25]李行,巩志超,董显扬,等.新疆西准噶尔地区基性超基性岩生成地质背景及区域成矿特征[J].中国地质科学院西安地质矿产研究所刊,1987,18:3-122.
- [26]Liu Y S, Gao S, Hu Z C, et al. Continental and oceanic crust recycling-induced melt-peridotite interactions in the Trans-North China Orogen: U-Pb dating, Hf isotopes and trace elements in zircons from mantle xenoliths[J]. Journal of Petrology, 2010, 51: 537-571.
- [27]侯可军,李延河,田有荣. LA-MC-ICP-MS 锆石微区原位 U-Pb 定年技术[J].矿床地质,2009,28(4):481-492.
- [28]Koschek G. Origin and significance of the SEM cathodoluminescence from zircon[J]. Journal of Microscopy, 1993, 171: 223-232.
- [29]Coleman R G. Ophiolites[M]. Springer-Verlag, Berlin, 1977: 45-46.
- [30]符靳琴,王传松.钙钠比值在细碧岩定名中的统计分析[J].地质地球化学,1984,10:55-56.
- [31]王希斌,鲍佩声,戎合.中国蛇绿岩中变质橄辉岩的稀土元素地球化学[J].岩石学报,1995,11(增刊):24-41.
- [32]Boynnton W V. Geochemistry of the rare earth elements: Meteorite studies[C]//Henderson P ed., Rare Earth Element Geochemistry. Elsevier, 1984: 63-114.
- [33]Dilek Y, Furnes H. Ophiolite genesis and global tectonics: Geochemical and tectonic fingerprinting of ancient oceanic lithosphere[J]. Geological Society of America Bulletin, 2011, 123: 387-411.
- [34]Schilling J G, Zajac M, Evans R, et al. Petrologic and geochemical variations along the Mid Atlantic Ridge from 27°N to 73°N[J]. Am. J. Sci., 1983, 283: 510-586.
- [35]Le Roex A P, Dick H J B, Erlank A J, et al. Geochemistry, mineralogy and petrogenesis of lavas erupted along the southwest Indian Ridge between the Bouvet triple junction and 11 degrees East[J]. J. Petrol., 1983, 24: 267-318.
- [36]张进,邓晋福,肖庆辉,等.蛇绿岩研究的最新进展[J].地质通报,2012,31(1):1-12.
- [37]张弛,黄萱.新疆西准噶尔蛇绿岩形成时代和环境的探讨[J].地质论评,1992,38(6):509-524.
- [38]Chen J F, Han B F, Ji J Q, et al. Zircon U-Pb ages and tectonic implications of Paleozoic plutons in northern West Junggar, North Xinjiang, China[J]. Lithos, 2010, 115: 137-152.
- ①新疆自治区地质矿产局. 1:20 万乌鲁木齐幅地质图.1985.