文章编号:1000-8845(2005)04-326-08 中图分类号:P588.3 文献标识码:A

新疆托克逊新干沟奥陶纪蛇绿岩

刘正荣,裴江平,邓东松,孙江华,陶玲
(新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局物化探大队,新疆 昌吉 831100)

摘 要:2003—2004年在新疆托克逊干沟地区1∶5万区调中,查明博罗科努带北侧新干沟一带为奥陶纪蛇绿岩建造.建造组成成分有:由纯橄岩、斜方辉橄岩等组成的变质橄榄岩;含长橄榄岩、斜方辉石岩、堆晶辉长岩以及上部辉长岩组成的堆积岩;辉绿岩;由玄武岩及其凝灰岩、凝灰质碎屑岩、少量碳酸盐岩、硅质岩等组成的沉积层.建造总厚1 627.5~2 564.5 m,其中镁铁-超镁铁岩体共26个,岩体最大宽度1 000 m,总面积5.2 km^2.橄榄岩类M/F 10.16~11.85,辉石岩、堆晶辉长岩M/F 6.64、7.44,与新疆准噶尔地区古生代蛇绿岩中的变质橄榄岩一致.新疆黄山类型含铜镍超镁铁岩不同微量元素及稀土元素特征表明:它们与典型大洋中脊蛇绿岩不同,与新疆多数蛇绿岩相似.应为小洋盆扩张产物.

关键词:新疆;干沟;蛇绿岩;变质橄榄岩;堆晶岩

新疆托克逊干沟东北部,阿日格岩体北侧,分布一套由超镁铁岩和玄武岩组成的蛇绿岩建造.

20世纪60—70年代,新疆地质局区调队1∶20万区调已绘出超镁铁岩体.1983年冯益民、1988年李春昱在研究新疆板块构造时将其作为蛇绿岩,认为是博罗科努带向南俯冲的产物[1,2].1993年新疆地质志首次对干沟蛇绿岩进行了岩石学描述,并指出其时代可能为奥陶纪,与阿其克库都克断裂北侧的依连哈比尔尕石炭纪蛇绿岩(也称巴音沟蛇绿岩)不同[3].2001—2002年新疆第一区调队在干沟地区以东的却勒塔格地区1∶5万区调中对干沟蛇绿岩的东延部分进行调查,测得其中辉长岩全岩Sm-Nd等时线年龄(728±110) Ma,但数据误差较大,可信度不高[4].

由于干沟蛇绿岩块的围岩受强烈区域变质和接触变质作用改造,岩石面貌不清,以至于长期以来,基本没有人将这些超镁铁岩体与周围的地层岩石联系起来,只是将超镁铁岩作为蛇绿岩残片画出,而没有将围岩一起作为蛇绿岩带对待.王作勋等在研究天山构造时甚至把干沟蛇绿岩忽略不提[5].

经详细填图和剖面测制,查明这些超镁铁岩体,包括有变质橄榄岩、超镁铁质及镁铁质堆积岩、上部辉长岩-辉绿岩等典型蛇绿岩组成部分,地球化学特征与新疆准噶尔为代表的蛇绿岩相似❶.其宽广的围岩,为变质的玄武岩类,属于蛇绿岩建造的组成部分,与蛇绿岩体组成较完整的蛇绿岩建造.鉴于其地层剖面可与西邻可可乃克地区不整合于含化石的志留系下的可可乃克组对比、并被志留纪的阿日格岩体侵入,因此厘定其时代为奥陶纪,并因新干沟公路通过这套蛇绿岩分布区,将其命名为新干沟蛇绿岩建造.

新干沟奥陶纪蛇绿岩建造北以干沟断裂、南以阿日格岩体为界,分布宽1~4 km,新干沟内长40 km呈NW向.包括透镜状超镁铁岩体大小共26个(主岩体6个)(图1),总面积5.2 km^2.其余为变质的玄武岩及其凝灰岩、伴生的凝灰质碎屑岩层及少量辉长岩、辉绿岩、石灰岩、硅质岩.

1 蛇绿岩剖面

对新干沟内蛇绿岩建造共测制了3条剖面,新干沟公路北段剖面如下(由北而南):

蓟县系:白云石大理岩

==========断层==========

奥陶系蛇绿岩建造 总厚 **2 564.5 m**

1.绿泥石石英微晶片岩(不纯硅质岩变质) 46 m
2.不纯结晶灰岩 17 m
3.变凝灰粉砂岩 180 m
4.糜棱化碳酸盐化橄榄岩 29 m
5.透辉石阳起石质角岩、绿泥绿帘云母石英微晶片岩、含电气石黑云母石英微晶片岩(原岩玄武质凝灰岩、凝灰质粉砂岩) 235 m
6.黑云母石英斜长片岩、二云母斜长石英片岩(原岩

收稿日期:2005-06-02;修订日期:2005-09-14;作者 **E-mail:**ddyws@126.com
第一作者简介:刘正荣(1964-),男,新疆昌吉人,高级工程师,1986年毕业于武汉地院矿产系,从事区调及矿产普查工作
❶ 新疆地矿局物化探大队.新疆托克逊县干沟一带1∶5万区调报告,2005

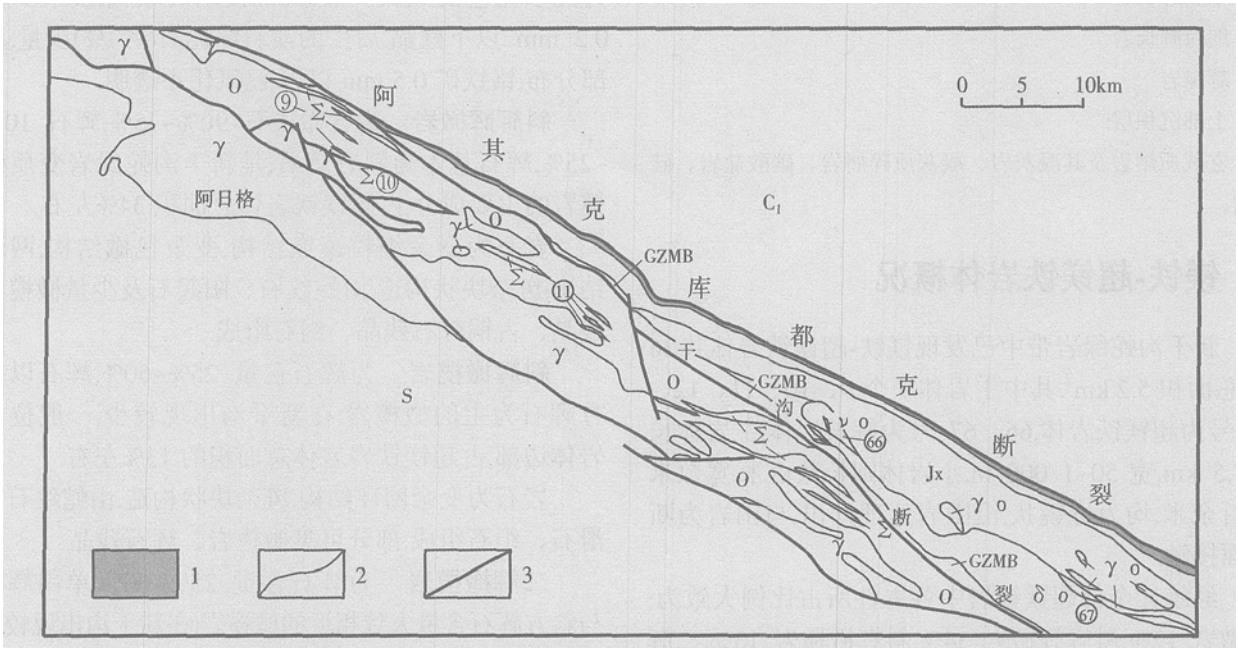


图 **1**　干沟地区奥陶纪蛇绿岩略图

Fig.1　Sketch of Ordovician ophiolite in the Gangou region

1.蛇绿混杂岩;2.地质界线;3.断裂

C_1——下石炭统;S——志留系 O——奥陶系蛇绿岩建造;Jx——蓟县系镁质碳酸盐岩建造; γ——志留纪花岗岩; Σ——超镁铁岩体及编号; νO——蛇绿岩建造中辉长岩; γO——晚元古代斜长花岗岩; δO——晚元古代石英闪长岩;GZMB——构造碳酸盐岩

凝灰质粉砂岩)　252 m
7.糜棱岩化二长花岗岩　67 m
8.黑云母石英斜长角岩(原岩粉砂岩)　185 m
9.细粒镁铁尖晶石斜辉橄榄岩,夹辉石岩、黑云母　120 m
10.斜方辉石岩,夹镁铁尖晶石斜辉橄榄岩　7 m
11.角岩化堆晶辉长岩　19 m
12.斜辉辉橄岩,夹阳起石-叶蛇纹石化斜方辉石岩　100 m
13.角闪角岩　45 m
14.辉绿玢岩　40 m
15.弱蛇纹石化斜辉橄榄岩　63 m
16.全蛇纹岩化斜辉辉橄岩,夹纯橄岩、全阳起石化辉石岩　245 m
17.绿泥石化辉绿玢岩　8 m
18.细粒斜长角闪角岩　243 m
19.云母石榴石片岩石榴石黑云母石英斜长片岩　28.7 m
20.斜长角闪片岩　68.4 m
21.辉绿玢岩　10 m
22.斜长角闪微晶片岩　23.7 m
23.角闪岩绿泥石英斜长微晶片岩　16 m
24.玄武玢岩斜长角闪片岩　83.7 m
25.安山玄武岩　11 m
26.斜长角闪片岩　28 m
27.阳起石角岩　4 m
28.角闪斜长石英角岩玄武质凝灰砂岩　200 m
29.辉绿岩(次浅成岩)　20 m
30.角闪斜长石英角岩玄武质凝灰砂岩　100 m
31.全蛇纹石化含单辉纯橄岩　50 m
32.黑云母角闪石石英角岩(凝灰砂岩)　20 m

----------侵入接触----------

志留纪阿日格石英闪长岩-二长花岗岩岩体

由上可见,区内蛇绿岩建造包含超镁铁岩、镁铁岩、基性熔岩、凝灰岩、凝灰质碎屑岩及少量碳酸盐岩、硅质岩,相互间杂,组成的层序很混乱,无一定规律,为构造侵位后的无序岩层.整个蛇绿岩建造总厚 1 627.5~2 564.5 m,其中,镁铁-超镁铁岩最大厚度约 1 000 m.

对比新疆准噶尔等研究较多的蛇绿岩建造[3,6]❶,其恢复后的理想层序为:

由下而上:

变质橄榄岩
堆积岩
含长橄榄岩
辉石岩

❶ 朱宝清,王来生.准噶尔西南地区古生代蛇绿岩,1987

堆晶辉长岩

细粒辉长岩

辉绿岩

上部沉积层:

玄武质熔岩及其凝灰岩、凝灰质碎屑岩、碳酸盐岩、硅质岩.

2 镁铁-超镁铁岩体概况

新干沟蛇绿岩带中已发现镁铁-超镁铁岩体共26个,总面积 5.2 km^2.其中主岩体 7 个:9、10、11、12、13 号为超镁铁岩体,66、67 号为辉长岩体.主岩体长 3~7.5 km,宽 50~1 000 m,小岩体则长数百米,宽数米至百余米,均为透镜状,沿围岩片理产出,与围岩为断层面接触.

经统计全部超镁铁岩中各岩性所占比例大致为:纯橄岩 12%,斜辉辉橄岩 34%,斜辉橄榄岩 13%,二辉橄榄岩 8%,辉石岩 33%.

3 蛇绿岩岩石学特征

托克逊新干沟奥陶纪蛇绿岩建造遭受了志留纪末博罗科努带汇聚时的绿片岩相(局部达低角闪岩相)区域变质,其分布位置为巨大的志留纪阿日格岩体北侧缓倾斜的接触面上,有角闪角岩相接触变质,因此超镁铁岩块的围岩全部重结晶成微晶片岩-片岩,而没有如新疆其它多数蛇绿岩带一样的糜棱-超糜棱岩化的基质中分布不规则镁铁超镁铁岩块体的蛇绿混杂岩形态.

3.1 变质橄榄岩

蛇绿岩带内超镁铁岩中,纯橄岩、斜辉辉橄岩、橄榄岩等为蛇绿岩中变质橄榄岩组成部分,构成超镁铁岩体主体.岩石大部全蛇纹石化,部分保留有橄榄石、辉石残晶.因角岩化影响,片理化不显著,并普遍出现部分透闪石-阳起石化,局部出现镁铁尖晶石.

纯橄岩 为含橄榄岩 90%以上、辉石小于 10%的岩石.大部分超镁铁岩体中都有出现,约占新干沟超镁铁岩体总面积的 12%.这个比例在新疆蛇绿岩体中仅低于西准噶尔的唐巴勒岩体,而高于其它多数蛇绿岩体.

岩石具网环结构,块状构造.由橄榄石残晶(0~50%)、蛇纹石(100%~40%)、少量斜方辉石残晶(0~5%)及绢石(1%~5%)组成.橄榄岩原粒度 1~2 mm,粒状互嵌,现已近半数蛇纹石化,为胶蛇纹石与纤蛇纹石组成网环、橄榄石残晶构成网环核部.斜方辉石为几乎无色的顽火辉石,大部被绢石取代,仅余少量 0.2 mm 以下残晶,后生的淡斜绿泥石(<1%)少量,局部分布.铬铁矿 0.5 mm 以下,已氧化不透明.

斜辉辉橄岩 为含橄榄石 90%~75%,辉石 10%~25%,辉石基本为斜方辉石,是新干沟蛇绿岩变质橄榄岩的主要成分,占超镁铁岩体总面积 34%左右.

岩石为变余细粒镶嵌结构,变余包橄结构,网环结构,斑杂块状构造.由蛇纹石、阳起石及少量橄榄石残晶、古铜辉石残晶、绢石组成.

斜辉橄榄岩 为辉石含量 25%~60%,辉石以斜方辉石为主的橄榄岩.在新干沟出现较少,一般位于岩体边部,占超镁铁岩岩体总面积的 13%左右.

岩石为变余网环结构,斑杂块状构造.由蛇纹石、滑石、绢石组成,部分可见橄榄岩、辉石残晶.

二辉橄榄岩 为辉石含量 25%~60%,单斜辉石与斜方辉石含量大致相近的橄榄岩.在新干沟出现较少,一般位于岩体边部,占超镁铁岩岩体总面积 8%左右.

3.2 堆积岩

新干沟蛇绿岩带超镁铁岩中的辉石岩、含长橄榄岩、堆晶辉长岩组成蛇绿岩中堆晶岩的下部成分,上部则为细粒辉长岩.由于变质,辉石岩、堆晶辉长岩中的堆晶结构一般都看不可见,但辉石岩的层状产状还有保存.辉石岩大部为斜方辉石岩,辉石为古铜辉石,部分顽火辉石,少量含较多单斜辉石的二辉岩.堆晶辉长岩暗色矿物含量较多,属于暗色辉长岩,以特征的地球化学特征区别于上部细粒辉长岩.

上部辉长岩在新干沟蛇绿岩建造中零星出露,宏观上与堆晶辉长岩的区别是暗色矿物含量较少,颜色浅,微量元素和稀土元素特征有很大差别.

3.3 辉绿岩

新干沟属于蛇绿岩建造的辉绿岩有层状(块状)和脉岩两种.严格说来,层状(块状)辉绿岩属于堆晶岩上部组成部分,与细粒辉长岩呈过渡态.

层状辉绿岩多因角岩化重结晶,不易辨认,估计总量应与辉长岩总量大致相近.脉状者为成群(脉间有十几至数十米间隔)出现宽数米至数十米的岩墙,方向大致与蛇绿岩块透镜体长轴平行.总体与典型席状岩墙群有区别.其地球化学特征表明,是蛇绿岩套中产物,与干沟地区后期(二叠纪)辉绿岩脉群有很大不同.

(层状)辉绿岩 辉绿结构,块状构造.由拉长石、含钛普通辉石及少量钛铁矿组成.拉长石格架中一般充填一个辉石晶粒.拉长石(70%)成分 An 70~56,三重晶发育,具环带,普通辉石(20%)半自形柱粒状,填充于

拉长石格架间隙中,部分为角闪石、绿泥石取代.磁铁矿(＜1%)为0.05 mm以下自形粒状,磷灰石呈(微)0.02×0.2 mm 以下极细长针状.

(脉状)辉绿玢岩　斑状间粒-间隐结构,块状构造.由 An 67~70 拉长石、含钛普通辉石、绿泥石组成.斑晶为拉长石(15%),少量普通角闪石.基质为板条状拉长石密集交织,含钛普通辉石自形短柱粒状、绿泥石化玻璃块状充填于斜长石格架的间隙中.钛铁矿(2%)为 0.1 mm 以下,板状自形,均匀分布.磷灰石为(微)0.01×0.1 mm 以下细长针状.

3.4　玄武质熔岩及其凝灰岩、凝灰质碎屑岩

新干沟奥陶纪蛇绿岩建造的上部沉积层,除极少量碳酸盐岩、硅质岩外,基本为玄武岩、玄武质凝灰岩、凝灰质碎屑岩.由于区域变质和叠加的接触变质(角岩化),岩石大多成为角岩或片岩,包括斜长角闪角岩-片岩、阳起石角岩-片岩、绿泥石-阳起石-石英斜长片岩、绿泥石英片岩、斜长石英片岩等.

3.5　硅质岩

新干沟蛇绿岩中,硅质岩不发育,仅在新干沟公路剖面北端见到一层,岩性为含石英 80%以上的微晶石英片岩,厚 46 m,沿走向过渡为变质斜长石英片岩、凝灰质粉砂岩类.

4　蛇绿岩地球化学

4.1　岩石化学

变质橄榄岩　变质橄榄岩的岩石化学成分见表 1 之 1~3,可见其 $w(SiO_2)$37.67%~42.33%,w(MgO) 37.7%~41.97%,w(CaO)仅 0.54%~0.86%,$w(Al_2O_3)$ 0.71%~2.02%.由于样品强蛇纹石化,烧失量高达 11%~12%,除去水分等后的岩石干成分为:$w(SiO_2)$ 42.96%~47.75%,w(MgO)42.06%~45.84%,w(CaO) 0.62%~0.98%,$w(Al_2O_3)$0.8%~2.32%.岩石镁铁比(M/F)高达 10.16～11.01.与新疆准噶尔地区古生代蛇绿岩中的变质橄榄岩一致[2],而与新疆黄山类型含铜镍超镁铁岩不同(图 2).

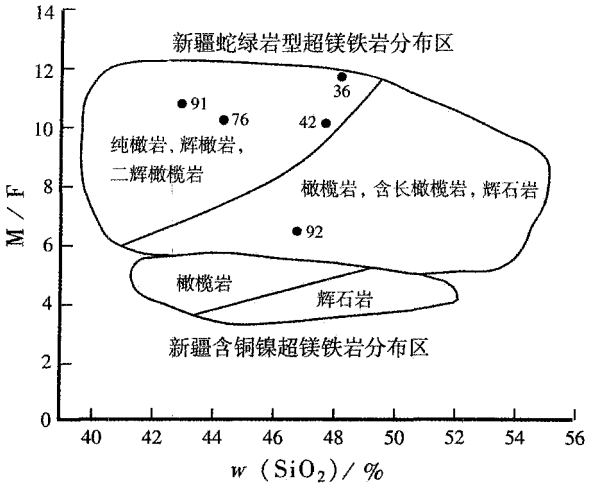


图 2　干沟地区蛇绿岩 SiO-M/F 图

Fig.2　SiO-M/F diagram of ophiolite in the Gangou region

●——样品编号

在 MgO-CaO-Al_2O_3 三角图(图 3 之 36、91、76 点)上,落在变质橄榄岩区.

新干沟蛇绿岩中变质橄榄岩与中国蛇绿岩各岩石平均成分比较[3],可见其成分非常相近.

堆积岩　堆积岩的岩石化学成分见表 1 之 4~8.其含长橄榄岩(序号 4)$w(SiO_2)$42.96%,w(MgO)34.8%,w(CaO)1.41%,$w(Al_2O_3)$4.79%.辉石岩(序号 5)$w(SiO_2)$ 43.22%,w(MgO)29.15%,w(CaO)3.79%,$w(Al_2O_3)$7.38%.堆晶辉长岩(序号 6)$w(SiO_2)$46.53%,w(MgO)12.6%,w(CaO)15.3%,$w(Al_2O_3)$18.8%,为高铝、高镁辉长岩,

表 1　干沟地区奥陶纪蛇绿岩岩石化学成分表

Table 1　Petrochemical composition of Ordovician ophiolite in the Gangou sequence　　单位:$\times10^{-2}$

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
岩石	变质橄榄岩			堆积岩					辉绿岩脉	熔岩				
	纯橄岩	斜辉辉橄岩	斜辉辉橄岩	含长橄榄岩	辉石岩	堆晶辉长岩	辉长岩	辉长岩		安山玄武岩	玄武安山岩	斜长角闪片岩	斜长角闪片岩	角闪片岩
原样号	91	76	36	42	92	41	38	61	37	29	30	31	35	39
SiO_2	37.67	38.64	42.33	42.96	43.22	46.53	45.31	47.18	46.41	52.87	48.77	46.87	49.55	47.5
TiO_2	0.07	0.16	0.1	0.19	0.37	0.16	0.93	1.74	1.38	1.17	1.51	0.74	1.62	1.17
Al_2O_3	0.84	2.02	0.71	4.79	7.38	18.8	16.1	12.86	16.6	16.66	16.82	16.68	14.06	16.35
Fe_2O_3	4.53	6.33	5.43	3.32	4.12	0.9	3.99	4.93	2.15	2.17	3.94	7.86	3.74	3.4
FeO	2.62	1.02	1.72	2.26	4.02	2.22	5.78	7.7	6.37	5.16	5.18	5.14	10	5.08
MnO	0.1	0.08	0.1	0.14	0.1	0.07	0.17	0.23	0.18	0.11	0.13	0.14	0.25	0.13
MgO	41.97	38.7	37.7	34.8	29.15	12.6	8.7	5.4	10.1	4.84	5.87	7.06	6.05	8.89
CaO	0.86	0.54	0.77	1.41	3.79	15.3	16.1	12.66	8.95	6.68	7.93	7.93	8.31	8.05
Na_2O	0.07	0.09	0.15	0.2	0.28	0.82	1.04	1.54	2.66	3.87	4.38	4.31	4.01	3.49
K_2O	0.02	0.03	0.05	0.02	0.06	0.15	0.14	0.51	0.85	2.14	1.22	0.75	0.62	0.95
CO_2	1.94	0.38	0.4	0.85	0.34	0.93	0.37	1.99	0.24	0.77	0.67	0.3	0.22	0.6
烧失量	11.22	12.06	10.46	5.13	5.54	2.07	1.21	4.71	3.54	3.53	3.46	1.66	0.79	4.1
M/F	11.01	10.27	10.16	11.82	6.64	7.44								

注:测试单位:新疆地矿局中心实验室,2003

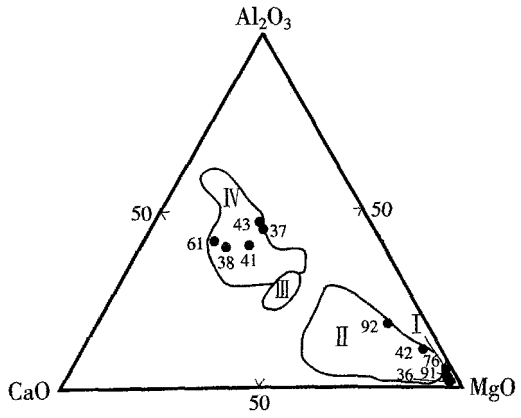


图 3 干沟地区蛇绿岩 **MgO-CaO-Al_2O_3** 图
Fig.3 MgO-CaO-Al_2O_3 diagram of ophiolite in the Gangou region
(据 Coleman,1977)
Ⅰ——变质橄榄岩; Ⅱ——超镁铁堆集岩;Ⅲ——科奇岩;
Ⅳ——镁铁堆集岩;●——样品编号

与上部辉长岩不同.上部辉长岩(序号 7、8)$w(SiO_2)$45.31~47.18%,w(MgO)5.4%~8.7%,w(CaO) 12.66%~16.1%,$w(Al_2O_3)$12.86%~16.1%.岩石镁铁比(M/F)在含长橄榄岩高达 11.82,辉石岩、堆晶辉长岩分别为 6.64、7.44,落在蛇绿岩范围(图 2),而与新疆黄山类型造山带含铜镍镁铁-超镁铁岩不同.上部辉长岩的岩石镁铁比(M/F)降到 1.63～1.66,属于上部分异产物,与堆晶辉长岩明显不同.

在 MgO-CaO-Al_2O_3 三角图上(图 3 之 36、91、76 点),含长橄榄岩、辉石岩落在 Coleman 的堆积超镁铁岩区,其它辉长岩落在其堆积镁铁岩区[7].

辉绿岩 新干沟蛇绿岩中的辉绿岩有层状和岩墙状两种,岩墙的分析结果,见表 1 之 9.其碱总量 0.91%,与一般辉绿岩比较,镁质较高,碱总量低.在 MgO-CaO-Al_2O_3 三角图(图 3 之 37 点)上,落在 Coleman 的堆积镁铁岩区(其它一般辉绿岩,如新干沟内广泛发育的二叠纪辉绿岩脉,都远离此区),可见其与堆晶辉长岩为同一演化系列产物.

玄武质熔岩 新干沟蛇绿岩套中的玄武质熔岩及其凝灰岩均遭受不同程度绿片岩相区域变质并叠加角闪角岩-角岩化变质,原岩结构基本破坏,矿物重结晶为斜长角闪片岩、角闪角岩、阳起石岩、石英绿泥片岩等.但其成分基本无大的带出、带入,因此岩石化学仍较清楚地保留了玄武岩特征.其岩石化学成分(表 1 之 10~14)碱总量 4.44%~6.01%,与一般玄武岩比较,镁质较高,碱总量低.碱硅图上,基本落在玄武岩区.其 K_2O/Na_2O=0.15~0.55,为低钾低铝玄武岩,属于拉斑系列-碱性系列过渡区.

4.2 微量元素

变质橄榄岩 新干沟蛇绿岩中变质橄榄岩微量元素(表 2 之 1~3)、过渡族元素 Ti、V、Cr、Co、Ni 都基本保持上地幔原来水平,唯 76 号样品(斜辉辉橄岩)的 Cr、Ni 有很大亏损,显示融离作用.在微量元素原始地幔标准化分布图上,变质橄榄岩相容元素保持接近原始地幔水平,大离子亲石元素略有富集.变质橄榄岩的 Rb＜4.2,Sr＜50.在 Rb-Sr-地壳厚度网络图上,位于地壳厚度 8 km 线以下,远离其它花岗岩类分布区,显示洋壳环境.

堆积岩 超镁铁质堆积岩(含长橄榄岩、辉石岩)过渡族元素 Ti、V、Cr、Co、Ni 仍保持上地幔原来水平.在微量元素原始地幔标准化分布型式图上,堆积岩从不相容元素到相容元素都有明显富集(10～100 倍),但总体形态仍与变质橄榄岩相似,表明为同源分异产物.

超镁铁质堆积岩的 Rb、Sr 与变质橄榄岩一致,在 Rb-Sr-地壳厚度网络图上,位于地壳厚度 8 km 线以下.从堆晶辉长岩开始,Rb 从 1×10^{-6} 增加至 30×10^{-6},仍为低水平,Sr 则大幅度增加,达到 455×10^{-6}~581×10^{-6}.在 Rb-Sr-地壳厚度网络图上,位于图的底部(Rb/Sr＜0.01,超出该图有效范围),远离其它花岗岩类分布区,仍显示洋壳环境.

辉绿岩 辉绿岩 Rb 仅 6.5×10^{-6},与堆晶岩一致,为很低水平,Sr 则达到 747×10^{-6}.在 Rb-Sr-地壳厚度网络图上,位于图的底部(超出有效范围),远离其它花岗岩类分布区,仍显示洋壳环境.

玄武质熔岩 新干沟蛇绿岩中玄武岩微量元素见表 2 之 10~14.其中,31、35、39 三个样品 Rb 为 11×10^{-6}~16.7×10^{-6},Sr 272×10^{-6}~$1\,011\times10^{-6}$,均与堆晶岩一致.其它两个样品 Rb 为 37×10^{-6}~66.5×10^{-6},可能是样品受阿日格岩体花岗岩细脉混染所致.在 MORB 标准化分布型式图上(图 4),大离子亲石元素有富集,相容元素仍然大致保持 MORB 水平,表现出略有分异、或受到陆壳污染的拉斑玄武岩特征.

在 Ni-Ti/Cr 图上和 Ti-V 图上,新干沟蛇绿岩中的玄武岩都落在 Pearce 的洋中脊玄武岩区(图 5).

4.3 稀土元素

变质橄榄岩 变质橄榄岩稀土元素特征值为:w(稀土总量)4.55×10^{-6}~4.9×10^{-6}, δEu 0.41~1.39;LREE/HREE 3.7~7.17,丰度和分异度都很低.在球粒陨石标准化分布型式图上(图 5),为略右倾的平缓曲线,位于低于球粒陨石的水平.显示分熔残留物

表 2　干沟地区奥陶纪蛇绿岩微量元素稀土元素表

Table 2　Trace elements and REE of Ordovician ophiolite in Gangou region　　单位:×10^{-6}

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
岩石名称	纯橄岩	斜辉辉橄岩	斜辉辉橄岩	含长橄榄岩	辉石岩	堆晶辉长岩	辉长岩	辉长岩	辉绿岩脉	安山玄武岩	玄武安山岩	斜长角闪片岩	斜长角闪片岩	角闪片岩
原样号	91	76	36	42	92	41	38	61	37	29	30	31	35	39
Sc	13.9	6.4	6.7	16	19.4	332	67.4	18.7	268	18	20.2	35.1	354	28.3
V	284	44.1	30.1	92.7	284	89	194	275	175	117	161	223	316	177
Cr	2307	10.62	235	927	1926	416	266	88.6	121	61.1	53.6	135	84.7	144
Fe(%)	5.2	4.96	5.7	7.43	6	2.48	8.61	10.95	7.18	6.25	7	9.48	11.4	7.01
Co	91.4	62.7	69	56.4	50.7	25.8	37.5	38.7	37.8	26.7	31.8	41.1	40.9	37
Ni	2371	189.2	2005	1408	1294	233	103	66.8	99.1	45.6	43.3	163	66.6	81.7
Ga	1.39	1.77	1.01	3.61	6.24	8.64	17.15	19.5	15.93	15.68	15.46	15.39	20.81	18.48
Zr	2	1	1	1	12.8	50.9	123	179	258	259	256	71.7	134	256
Nb	2	2.4	3.5	2.6	2.1	1.3	7.9	9.5	11.3	12.8	12.8	6.9	14	9.8
Hf	1.3	3.3	2.2	7.9	2.4	3.1	7.2	4.3	7.6	8.1	7.1	4.8	7.7	7.6
F	110	118	151	85.5	240	56	150	514	283	695	820	256	291	286
Th	2	1.3	1.1	1.1	2	2.8	4.7	5.7	4.7	5.2	3.6	3.9	3.8	4.3
Li	7.7	2.11	1.52	1.62	11.4	2.89	6.5	12.81	35.79	24.55	29.79	13.77	7.98	15.77
Rb	4.2	3.2	2.7	3.2	6	1	2.4	30.2	6.5	66.5	37.3	16.7	11	14.6
Sr	50.5	23.6	13.7	15.7	15	537	581	455	747	496	890	226	272	1011
Cs	2.5	3.45	2.07	2.73	4.3	2.08	2.83	6.47	5.1	8.16	7.16	6.95	7.92	6.65
Ba	62.5	74	106	69	111	134	131	239	408	422	483	299	229	469
La	0.55	1.1	0.8	1.1	3.7	1	7.5	17.4	28.6	33.6	29.3	7	11.8	27.6
Ce	1.6	1.3	1.3	1.9	7.2	1.8	19.2	40.5	54.3	61.5	61.2	16.3	29	59.2
Pr	0.36	0.1	0.2	0.2	1.5	0.5	4.2	6.6	8.6	8.6	8.8	3.2	5.5	9.6
Nd	0.93	0.9	0.7	1.3	5.5	1.3	14.9	28.2	39.8	33.3	38.7	10.3	22	37.1
Sm	0.18	0.2	1.2	0.7	1.6	0.5	3.4	7.6	5.4	5	7.7	3.3	2.4	6.2
Eu	0.05	0.1	0.1	0.1	0.34	0.2	1.8	3.9	2.8	2	2.6	1.4	2.3	2.6
Gd	0.31	0.3	0.2	0.7	1.9	0.5	5.8	8.5	7.5	6.4	7.6	4.8	7.1	7.2
Tb	0.08			0.1	0.39	0.2	1.2	1.5	1.1	0.9	1.1	0.9	1.2	1.1
Dy	0.17	0.3	0.2	0.8	2.1	0.5	5.8	6.9	5.8	5.2	6.2	4.9	6.1	5.4
H0	0.04			0.2	0.44	0.1	1.3	1.3	1.1	1	1.2	1.1	1.2	1.1
Er	0.12	0.2	0.1	0.6	1.2	0.4	3.4	3.5	3.1	2.6	3.2	3.1	3.2	2.9
Tm	0.01			0.1	0.21	0.1	0.6	0.6	0.5	0.4	0.5	0.5	0.6	0.5
Yb	0.1	0.2	0.1	0.6	1	0.3	3.1	3	2.5	2.2	2.9	2.8	2.7	2.4
Lu	0.05			0.1	0.17	0.1	0.6	0.5	0.4	0.3	0.4	0.5	0.4	0.4
Y	0.49	2.1	1.1	4.9	12.2	2.6	30.1	33.4	28.7	24.1	29.4	26.7	30.3	26.2
ΣREE	4.55	4.7	4.9	8.5	27.25	7.5	72.8	130.00	161.5	163	171.4	60.1	95.5	163.3
δEu	0.72	1.39	0.41	0.48	0.66	1.33	1.38	1.63	1.5	1.2	1.13	1.2	1.81	1.31
LREE/HREE	4.17	3.70	7.17	1.66	2.68	2.41	2.34	4.04	6.34	7.58	6.42	2.23	3.24	6.78

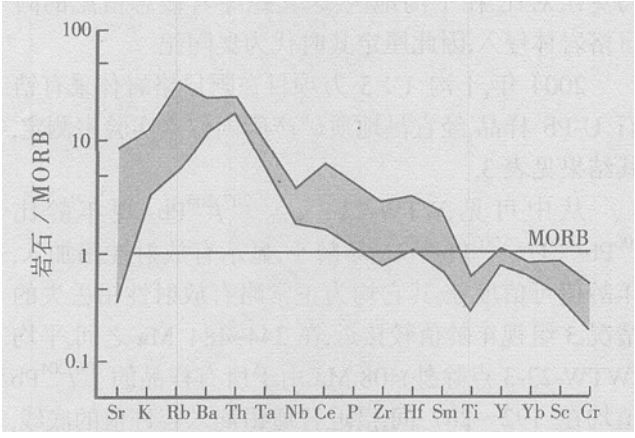


图 **4**　新干沟蛇绿岩微量元素 **MORB** 标准化分布型式图

Fig.4　Normalized MORB pattern of trace elements of ophiolite in Xin'gangou region

特征.

堆积岩　超镁铁堆积岩 w(稀土总量)8.5×10^{-6}~27.25×10^{-6}, δEu 0.48~0.66,LREE/HREE 1.66~2.68,丰度和分异度接近变质橄榄岩,处于很低水平,而堆晶辉长岩 w(稀土总量)仅 7.5×10^{-6},LREE/HREE 2.41,丰度和分异度接近变质橄榄岩,表现出与其它类型辉长岩的极大区别.其 δEu 1.33,显示 Eu 正异常,为辉长岩中斜长石堆晶作用的表现.上部辉长岩稀土总量上升到 72.8×10^{-6}~130×10^{-6},LREE/HREE 2.34~4.04,在球粒陨石标准化分布型式图表现为略右倾、具铕正异常的平缓曲线,表明其为上地幔的低程度分熔物.

辉绿岩　辉绿岩稀土元素(表 3 之 9)特征值为:w(稀土总量)161.5×10^{-6}, δEu 1.5,LREE/HREE 6.34,丰度接近上部辉长岩,分异度增大,表明其分异程度略有提高.

玄武质熔岩　玄武岩稀土元素(表 2 之 10~14)其特征值为:w(稀土总量)60.1×10^{-6}~163.3×10^{-6}, δEu 1.13~1.81,(La/Yb)$_N$1.48~9.07,丰度和分异度与上部辉长岩相同,表明其为同源同分熔程度产物.与 Coleman 的典型洋中脊玄武岩比较,轻稀土有富集,因此不是典型大洋中脊产物,而与新疆多数蛇绿岩一样,为小洋盆产物.

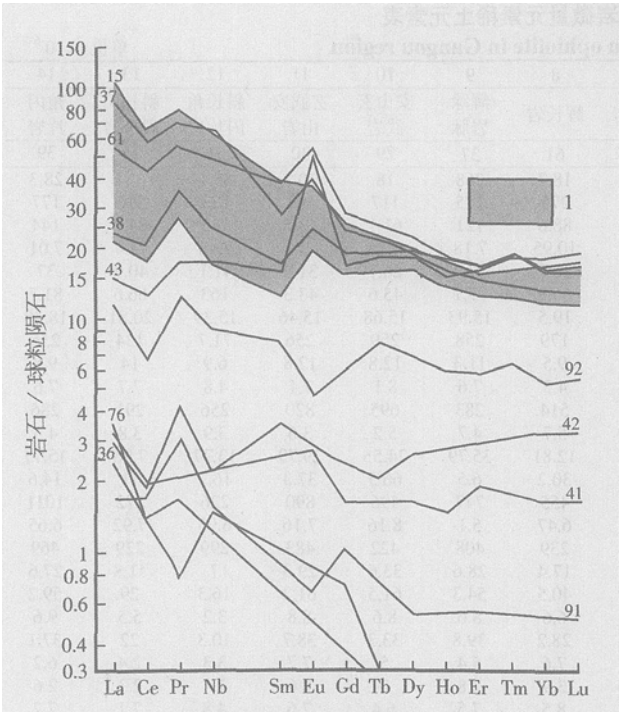


图 5 新干沟奥陶纪蛇绿岩稀土元素分布型式图

Fig.5 Normalized REE pattern of Ordovician ophiolite in the Xin'gangou region

1.玄武岩

37——辉绿岩脉;61——辉长岩;41——堆晶辉长岩;92——辉石岩;43——含长橄榄岩;76——斜辉辉橄岩;91——纯橄岩

5 新干沟蛇绿岩的变质作用

新干沟蛇绿岩分布区,原岩已发生高绿片岩相-低角闪岩相区域变质,成为片岩,更受南侧巨大的阿日格花岗闪长岩-石英闪长岩侵入影响,受到强烈热力作用,发生重结晶,形成一些较特殊的变质岩.总体为高绿片岩相-低角闪岩相区域变质叠加接触变质产物.其接触变质相大部分地段为角闪角岩相,少数为钠长石绿帘石角岩相.其中出现的一些特殊岩石有:

石榴黑云石英斜长片岩 变斑状显微鳞片粒状变晶结构,片状构造.由黑云母、拉倍长石、石英、铁铝榴石,少量普通角闪石组成.拉倍长石(30%)An70 以上,0.05~0.1 mm,近等轴粒状,与石英、黑云母简单互嵌.石英(20%~25%),0.05~0.1 mm,近等轴粒状,黑云母(35%)浅绿褐-深褐色多色性,近平行排列,均匀分布于石英长石间.铁铝榴石(10%)极淡的粉红色,0.3~2 mm 的自形粒状,与石英、黑云母互嵌.普通角闪石(1%)柱状,部分呈熔蚀状,不均匀稀疏分布.磁铁矿(<1%)0.01~0.05 mm 熔圆粒状.磷灰石(微量)0.05 mm 以下熔圆粒状.

在本带中,含石榴石的叠加变质岩厚度最宽达到数十米.石榴石晶粒在露头上可达 10~15 cm(但伴生的其它矿物粒度均在 2 mm 以下),成为一道特殊的景观.

镁铁尖晶石黑云母岩 鳞片变晶结构,块状构造,由黑云母及少量镁铁尖晶石组成.黑云母(>97%)红棕色,片度 0.3 mm×2 mm~0.1 mm×0.5 mm,无定向紧密互嵌.晶片内可见微小圆形筛状石英等嵌晶,说明为角岩化作用.镁铁尖晶石(1%~3%)粒度 0.1 mm 以下,自形粒状,稀疏分布.此岩为斜方辉石岩的接触变质产物,野外产于超基性岩体的局部.

蛇纹石-透闪石化镁铁尖晶石斜辉橄榄岩 变余中粒镶嵌结构,块状构造.由橄榄石、透闪石、蛇纹石,少量残余顽火辉石、拉倍长石组成.镁铁尖晶石(3%)深绿色,均质体,0.05～0.2 mm,自形粒状,在橄榄石、斜长石中不均匀浸染状分布.透闪石(25%)宽柱状、微小柱粒状,主要分布于原顽火辉石内.此岩透闪石为区域变质产物,镁铁尖晶石则为接触变质产物.在本带,变质超基性岩中常见镁铁尖晶石,均为微粒状自形晶围绕橄榄石分布.

上述变质作用较为特殊,与普通接触变质角岩化带有不同,因此也可能属于俯冲后碰撞时的区域变质为主,叠加部分接触变质-重结晶.

6 新干沟蛇绿岩的时代

托克逊新干沟蛇绿岩地层剖面可与西邻可可乃克地区不整合于含化石的志留系下的上奥陶统可可乃克组对比,在干沟地区,这套蛇绿岩被志留纪的阿日格岩体侵入,因此厘定其时代为奥陶纪.

2004 年,干沟 1∶5 万项目在阿日格岩体采有锆石 U-Pb 样品,经宜昌地质矿产所同位素实验室测定,其结果见表 3.

从中可见,WTW-23-3 点 $^{207}Pb/^{206}Pb$ 视年龄比 $^{206}Pb/^{238}U$、$^{207}Pb/^{235}U$ 年龄小,显示有放射性铅加入,年龄值可信度差,其它均为正常略有放射性铅丢失的情况.3 组视年龄值较接近,在 344~484 Ma 之间,平均(WTW-23-3 点除外)408 Ma.由于所有样品的 $^{206}Pb/^{204}Pb$ 值均在 192～287 间,接近普通铅混入容许值的底线,离开理想数值(800)相去很远,表示有严重普通铅污染,因此上述年龄数值显然偏低,其真实年龄应当比 408 Ma 略大一些.

新干沟蛇绿岩被岩体侵入,有强烈角岩化.因此,蛇绿岩时代应在志留纪前,结合与上奥陶统可可乃克组对比,时代定为奥陶纪是可信的.

表 3 新疆托克逊干沟花岗岩锆石 U-Pb 测试成果表

Table 3 Zircon U-Pb test results of granite in Gangou of Tuokexun, Xinjiang

样品信息			含量		普通铅	同位素原子比及误差/2σ				表面年龄/Ma		
序号	点号	重量/μg	U/×10^{-6}	Pb/×10^{-6}	含量/ng	$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{206}Pb/^{238}U$	$^{207}Pb/^{235}U$	$^{207}Pb/^{206}Pb$	$^{206}Pb/^{238}U$	$^{207}Pb/^{235}U$	$^{207}Pb/^{206}Pb$
1	WTW-21-1	10	4423.3	381	0.972	192.8	0.06368	0.48533	0.05526	398	401	422
							0.00029	0.0251	0.00287	1	20	21
2	WTW-21-2	10	4651	387.1	0.94	201	0.06127	0.46172	0.05465	383	385	397
							0.00037	0.03732	0.00443	2	31	32
3	WTW-23-1	10	22096.1	1527.8	3.495	227.8	0.05489	0.43013	0.05682	344	363	484
							0.00034	0.03943	0.00522	2	33	44
4	WTW-23-2	10	9387.7	690.3	1.466	244	0.05842	0.4594	0.05702	366	383	492
							0.00026	0.0237	0.00295	1	19	25
5	WTW-23-3	10	22737.4	1522.7	2.881	287.5	0.05651	0.41397	0.05312	354	351	334
							0.00023	0.02518	0.00323	1	21	20

7 新干沟蛇绿岩的构造环境

综上所述,新干沟奥陶纪新干沟蛇绿岩为变质橄榄岩-堆晶岩-辉绿岩-玄武岩及上部凝灰质碎屑岩及少量碳酸盐岩、硅质岩组成的无序混杂块,与典型大洋中脊蛇绿岩比较,席状岩墙群不是很发育.地球化学特征方面,表现为分异程度略高,稀土元素的轻稀土有富集.与新疆准噶尔等地区多数古生代蛇绿岩相似,后者环境目前还没有定论,有属于弧后盆地环境、边缘海等多种认识.我们认为可能属于 N 型 MORB,受大陆壳污染的边缘海环境.

具体地说:据已知资料,博罗科努带震旦—寒武纪均为稳定型盖层沉积,到早奥陶世后,沉积才从薄层碳酸盐岩迅速转变为厚大的深海-半深海沉积(博罗科努西段,科尔古琴地区)[3,9],直到晚奥陶世出现蛇绿岩建造(可可乃克和本区),显然,博罗科努带为前寒武纪陆壳基底于寒武纪后开始裂开,形成陆间海盆,奥陶纪后期拉张出现洋壳.新干沟蛇绿岩为此期产物.其无序的构造混杂岩面貌,应为志留纪末汇聚时造成.

因此,天山北部奥陶纪洋盆于寒武纪形成,志留纪闭合,其向东已知延续到东经 89°30′左右,更东被断裂所截.

参 考 文 献

[1] 冯益民.北疆西部构造演化史[A],中国北方板块构造论文集(第一集)[C].北京:地质出版社,1983.

[2] 李春昱,王荃,刘雪亚,等.亚洲大地构造演化[N].中国地质科学院院报,北京:地质出版社,1984-(10).

[3] 新疆维吾尔自治区地质矿产局.新疆维吾尔自治区区域地质志[M].北京:地质出版社,1993.

[4] 朱志新,田文全,倪梁,等.新疆东天山西段却勒塔格蛇绿岩地球化学特征[J].新疆地质,2004(2):131-135.

[5] 王作勋,邬继易,吕喜朝,等.天山多旋回构造演化及成矿[M].北京:科学出版社,1990.

[6] 张弛,翟明国.新疆西准噶尔蛇绿岩地磁特征及构造演化[A],新疆地质科学(第二辑)[C].北京:地质出版社,1990.

[7] 科尔曼 R G,鲍佩声译.蛇绿岩[M].北京:地质出版社,1982.

[8] 董显扬,李行,叶良和,等.中国超镁铁质岩[M].北京:地质出版社,1995.

[9] 何国琦,刘德权,李茂松,等.新疆古生代地壳演化及成矿[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,香港文化教育出版社,1994.

ORDOVICIAN OPHIOLITE IN XIN'GANGOU OF TUOKEXUN, XINJIANG

LIU Zheng-rong,PEI Jiang-ping, DENG Dong-song, SUN Jiang-hua,TAO Ling

(Pysical-chemical Exploration Team of Bureau of Geology and Mineral Resources in Xinjiang, Changji, 830011,China)

Abstract:Ordovician ophiolite formation in the Xin'gangou region on the northern side of Boluokenu belt was mapped during the 1∶50,000 regional geological surveying in the Gangou region of Tuokexun, Xinjiang in 2003－2004.This formation consisted of metamorphic peridotite derived from dunite and orthopyrolite, feldspar-bearing peridotite, orthopyroxenite, cumulus crystal gabbro, accumulative rock with upper gabbro, diabase, and sedimentary beddings made of basalt and related tuff, tuffaceous clastic rock, rare carbonate rock and silicate. The formation has a total thickness of 1627.5～2564.5m and a total area of 5.2km^2. Furthermore, it contains 26 mafic-ultramafic intrusions, with widths up to 1000m. M/F ratios of peridotoid are 10.16～11.85, while that of pyroxenite and cumulus crystal gabbro are 6.64 and 7.44 respectively. These characteristics are in line with metamorphic peridotite from Paleozoic ophiolite in Junggar, Xinjiang; however, the characteristics of trace elements and REE were quite different from copper-nickel-bearing ultramafic rocks in Huangshan, Xinjiang. It indicates the ophiolite formation is different from the typical mid-oceanic ridge ophiolite, and is similar to the main ophiolites in Xinjiang. It is supposed to be the product of small ocean basin formation.

Key words:ophiolite; metamorphic peridotite; cumulus crystal rocks; Gangou, Xinjiang