岩 石 学 报
1989年5月第2期 ACTA PETROLOGICA SINICA 1989,May,No.2

新疆北天山巴音沟蛇绿岩的地质特征①

邬继易 刘成德
（新疆地矿局一区调队 新疆奇台县）

关键词 新疆 北天山 巴音沟 中石炭世 蛇绿岩

提 要 巴音沟蛇绿岩虽受强热构造作用肢解，但仍保存有较完整的蛇纹石化超基性岩、状层辉长岩、基性熔岩（下部块状、上部枕状）和放射虫硅质岩的层序组合。岩石化学、地球化学、放射虫等古生物资料表明，它代表一个中石炭世陆缘海盆迅速扩张形成的洋壳和上地幔的残片。其侵位发生在中石炭世末海盆的封闭期间。

乌苏县境内巴音沟蛇绿岩的发现和报导②引起了地质界的广泛注意和兴趣。该地区早在50到60年代就进行了以找铬铁矿为主的大量普查找矿工作，70年代曾对该超基性岩体群进行了详细填图及矿产普查评价工作。之后有人拟称北天山超基性岩带为蛇绿岩带，但均未提出蛇绿岩的组合、层序和相应的地质证据（张弛，1981；冯益民，1983）。1983年，天山构造专题队首次在巴音沟一带发现并肯定了“三位一体”的蛇绿岩剖面，对深入研究北天山的地质构造发展及寻找有关矿产具有重要意义。

一、地 质 概 况

巴音沟蛇绿岩位于北天山依连哈比尔朵蛇绿岩带中段。该岩带呈北西西向延伸，与区域

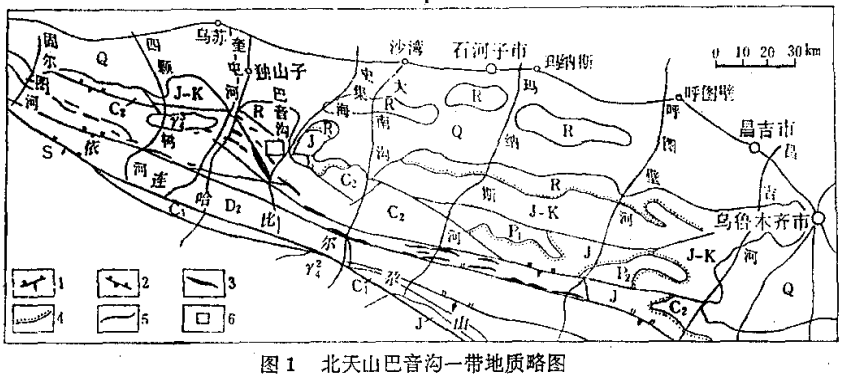


图1 北天山巴音沟一带地质略图

1. 天山主干断裂； 2. 断层及产状； 3. 超基性岩片； 4. 地层不整合； 5. 地质界线；
6. 巴音沟蛇绿岩剖石范围

Fig. 1 Simplified geologic map showing the Tianshan Ophiolitic suites in Bayingol area

本文1987年2月28日收到，1988年5月3日第二次改回。

①本文系地科院与新疆一区调队组成天山构造专题队集体成果。参加野外工作的有姜春发、王作勋（地科院）、吕喜朝、张经国、李向东、施明、郭华春和宋安疆（区调队）等。

②人民日报，1983年7月18日，第1版。

构造线一致，东起呼图壁河上游，向西延至固尔图河流域。在我国境内长数百公里，宽5—20km，由断续分布、大小不等的超基性岩片（图1）和其他蛇绿岩单位的地质体组成，向西经艾比湖延至苏联的巴尔喀什褶皱系内。

巴音沟蛇绿岩出露于乌苏县南40km余的巴音沟—沙大旺—奎屯河一带(图2)。那里虽然具有较完整的蛇绿岩组合，但层序常被一系列逆冲断层肢解和破坏。在一个剖面上由下至上可以看到蛇纹石化超基性岩、辉长岩、玄武岩和放射虫硅质岩等岩石单位，并多次重复出

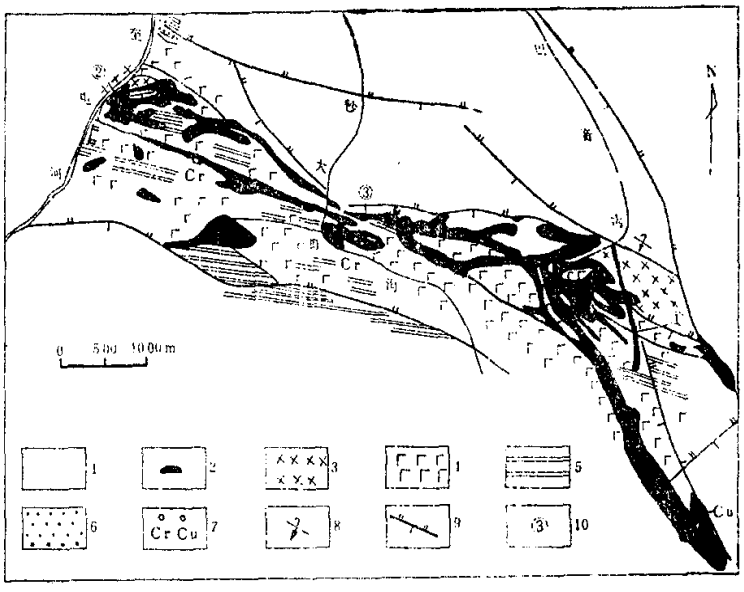


图2　巴音沟—奎屯河一带蛇绿岩分布简图

1. 中石炭统碎屑岩及火山碎屑岩；2. 超基性岩；3. 辉长岩及层状辉长岩；4. 玄武岩及枕状玄武岩；5. 放射虫硅质岩；6. 浊积岩；7. 铬、铜矿化；8. 倒转产状；9. 断层；10. 实测剖面及编号（①巴音沟；②奎屯河；③沙大旺）

Fig. 2　Distribution of ophiolitic suites from Kuytun river to Bayingol area

现（图3A、B），或者以完全倒转的层序出现（沙大旺剖面）。保存得较好的剖面以巴音沟为代表（图3A）。

巴音沟蛇绿岩剖面以前曾被划分为上石炭统沙大旺组，下伏地层被划分为中石炭统巴音沟组①，现在根据其粒序层、交错层及层面结构特征来判断，后者似乎是巴音沟蛇绿岩的上部层位。不过，在巴音沟剖面（图3A）中蛇绿岩出露宽达4.5km以上，其中超基性岩与玄武岩多次重复出现，而层序较完整的剖面段约1km左右。剖面上未发现典型席状岩墙群，仅在辉长岩（图3A）与基性熔岩（图3B）中有斜长花岗岩和辉绿岩脉群穿插。各岩石单位的厚度见表1。蛇纹石化超基性岩以挤牙膏（底辟）形式构造侵位，常呈负地形，在巴音沟剖面中重复六次出现；辉长岩宏观上具明显的层状构造(照片A)，多为正地形，与玄武岩之间夹

①区调队（1972）1:20万区调及七大队（1975）1:5万普查工作成果。

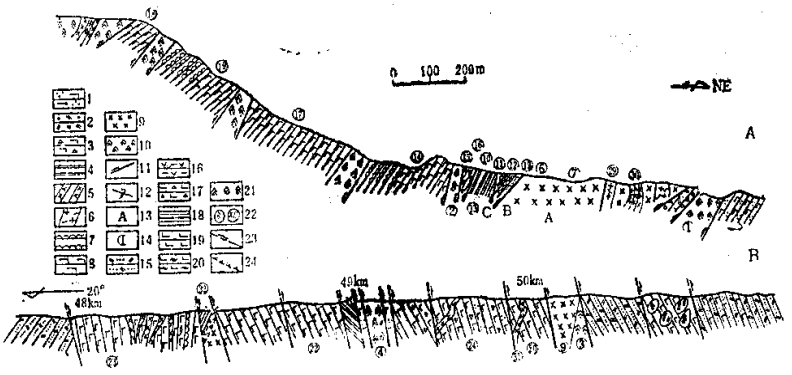


图3 巴音沟（A）和独库公路奎屯河段（B）蛇绿岩实测剖面图

1. 玄武质凝灰岩； 2. 凝灰质砂砾岩； 3. 玄武质角砾岩； 4. 放射虫硅质岩； 5. 辉绿岩脉； 6. 斜长花岗岩脉； 7. 枕状玄武岩； 8. 玄武岩和细碧岩； 9. 层状辉长岩； 10. 蛇纹石化橄辉岩； 11. 断层； 12. 地层倒转产状； 13. 照片 A, B, C, 的地点； 14. 岩石化学样品采样编号位置； 15. 凝灰砂岩； 16. 层凝灰岩； 17. 角砾状玄武质熔岩； 18. 放射虫硅质岩； 19. 细碧岩和玄武岩； 20. 辉长辉绿岩； 21. 蛇纹石化超基性岩； 22. 蛇绿质混杂岩； 23. 推测断层， 24. 侵蚀面

Fig. 3 Sections of ophiolitic suites in Bayingol (A) and Knytun river (B) areas

表 1 巴音沟地区蛇绿岩可见厚度及关系

Table 1 Relationship and exposed thickness of rock units in Bayingol suites

由上而下层序 单 位	巴音沟剖面	沙大旺剖面	奎屯河剖面	综合厚度（m）及关系
复理石沉积	未	测		>4000
				断层及过渡
放射虫硅质岩	44.9m	1.7m	47.7m	>47.7
				断层及过渡
玄 武 岩	286m	22.4m	311m	>311
				断层及沉积同断
辉 长 岩	367.9m	8.12m	77.5m	>367.9
				断 层
超 基 性 岩	100m	7.0m	69.8m	>100

一层含砂砾的层凝灰岩（巴音沟亦见有含辉长岩砾石的相似沉积物）；玄武岩层的下部块状构造发育，上部则枕状构造发育（照片 B），其间夹有硅质岩及凝灰岩；放射虫硅质岩以紫红色为主，富含放射虫，上部有翠绿色层，塑性小褶皱十分发育而多破碎（照片 C）。其中放射虫据中国地质科学院王乃文初步鉴定为：*Conospnaera* sp.；*Cenellipsis* sp.；*Hexastylus* sp.，认为不早于泥盆纪。在其上的一套巨厚复理石建造中含中炭世标准化石分子，该层具有沉积韵律明显与布马层序完整的浊积岩特点。为蛇绿岩的时代提供了依据。

二、岩石学特征

1. 蛇纹石化超基性岩

露头由灰绿色糜棱岩化粉屑与黑绿色浑圆状块体组成。岩石普遍受到强烈蛇纹石化及绢石化，具鳞片变晶、网架、交叉及信封状结构，主要由各种蛇纹石、极少原生矿物（橄榄石、辉石）残晶和绿泥石、绿帘石、碳酸盐矿物、铬尖晶石和磁铁矿组成。残晶中的应力作用迹象（晶形、解理弯曲、揉皱及碎裂）明显。用岩石化学成分的方法（王恒升等，1978，里特曼，1979）确定原岩岩石类型（表3）主要为橄榄岩，其次为橄辉岩。

超基性岩的岩石化学成分列于表2（序号1—5）。橄辉岩和辉橄岩的 MgO/FeO 在8—15之间，纯橄岩的 MgO/FeO 在1—5之间。因此本区的超基性岩为阿尔卑斯型的镁质超基性岩。

根据上述特点及其中赋存有豆荚状小铬铁矿体来看，它们似乎相当于典型蛇绿岩剖面（科尔曼，1977；王希斌，1984）中的变质橄榄岩。

2．层状辉长岩

具有明显的层状构造和成分层理，厚层与薄层呈韵律相间（照片A）。在单层（特别是较厚层）中，暗色矿物与浅色矿物组成无明显分界线的相间条带，一般宽5—20cm，暗色条带较窄，而且向上越来越窄，并变得不明显。在露头上，矿物沿层或条带呈定向分布。显然这种构造是岩浆结晶分异作用形成的。

岩石类型主要是辉长岩，其次是橄榄辉长岩和角闪辉长岩。具碎裂及变余辉长结构，普遍葡萄石化。除少量辉石、斜长石残晶外，大部分原生矿物已变为葡萄石、绿泥石、绿帘石、蛇纹石和碳酸盐。斜长石残晶可见双晶弯曲、错位等应力作用痕迹。

岩石化学成分（表2的6—9），除 Na_2O 较高外，与塞浦路斯特罗多斯、阿曼（科尔曼，1977）和西藏日喀则（邓万明，1982）蛇绿岩中辉长岩相似。

3．脉岩类

（1）斜长花岗岩脉群　仅见于巴音沟剖面层状辉长岩中，直立平行分布，与辉长岩层理相交。这种岩石具变余半自形结构，不同程度受糜棱岩化，主要由石英（20—25%）、斜长石（72—75%）、钾长石（2—5%）组成，含少量角闪石和黑云母。其化学成分表现为高硅、富钠和贫钾（表2的29和30），与科尔曼（1977，表5）给出的蛇绿岩中的浅色组分相似，可能是岩浆结晶分异形成的残余岩浆产物。

（2）辉绿岩脉群　主要见于基性熔岩中，大致平行直立成群分布（图3），一般宽数十厘米到一米，两侧均见冷凝边。主要为辉绿岩，其次为辉石闪长玢岩，由辉石（28—45%）与斜长石（55—72%）组成。斜长石已绢云母化，在他形辉石中含有自形板条状斜长石嵌晶。化学成分见表2的31。

4．基性熔岩

分布较广泛，分为上下两部份，二者之间无明显界线，岩石化学与稀土配分有较明显差别（图6、7）。

下部块状熔岩呈紫灰—暗灰色，致密块状结构，有的具残余球颗结构，为球颗玄武岩。它们都受到强烈蚀变，由绿泥石、钠长石、碳酸盐和粉末状磁铁矿和残余的辉石，斜长石残晶组成。上部枕状熔岩具有明显的枕状构造（照片B），有的也有球颗结构。岩石呈暗灰—紫灰色，受到不同程度蚀变，主要蚀变矿物是绿泥石、磁铁矿、碳酸盐等。岩石化学成分见表2（10—28），在 SiO_2-FeO*/MgO 图解中全部样品落在拉斑玄武岩区内。在FeO*-FeO*/MgO

表 2 巴音沟蛇绿岩岩石化学成分（重量%）①

Table 2 Major chemical composition of Bayingol ophiolitic suites

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
样号	83Ⅰ-5	Ⅰ-11	84Ⅰ4-/a	84Ⅱ-11	338	83Ⅰ-7/6	84Ⅰ-7/6	338/1	84Ⅰ-4	83Ⅰ-8	83Ⅰ-8/1	83Ⅰ-8/6	84Ⅰ-8/12	83Ⅰ-12	84Ⅰ-9	84Ⅰ-10	84Ⅰ-14	84Ⅰ-16	84Ⅰ-16/1
取样位置	巴音沟		查屯河		呼图壁河	巴音沟		呼图壁河	查屯河	巴音沟									
岩石名称	Su	Su	Su	Su	Su	Gc	Gp	G	G	B	Bd	B	Bd	Sp	B	B	B	BTH	B
SiO_2	48.92	40.02	39.20	39.71	38.53	49.10	45.14	48.52	51.15	48.50	50.08	48.51	50.08	50.95	46.70	48.69	49.16	47.03	47.40
TiO_2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	2.07	1.72	0.60	2.00	1.78	2.02	2.83	1.55	1.94	2.82	1.71	2.24	1.26
Al_2O_3	1.62	0.85	1.69	0.77	1.23	13.97	16.47	15.12	15.46	14.74	14.69	13.59	12.72	15.37	15.89	15.46	14.78	15.85	17.57
Fe_2O_3	2.70	4.97	6.29	6.10	4.78	0.91	6.95	1.75	2.00	3.04	4.16	2.82	2.62	6.38	7.66	4.18	4.11	4.24	10.57
FeO	4.18	2.81	2.45	1.56	2.93	3.32	7.65	10.59	5.76	6.00	8.69	6.19	7.20	6.44	2.00	5.60	9.36	6.36	1.96
MnO	0.09	0.07	0.11	0.00	0.08	0.08	0.186	0.234	0.124	0.14	0.21	0.13	0.15	0.25	0.12	0.18	0.26	0.24	0.22
MgO	32.35	37.64	35.74	37.84	38.32	12.34	6.62	5.50	8.83	6.31	6.05	6.05	4.12	5.04	4.38	3.82	3.12	4.38	4.44
CaO	1.05	0.10	0.29	0.00	0.29	13.98	8.14	8.39	9.25	9.39	5.81	9.84	10.67	5.44	10.21	7.93	5.91	7.09	6.84
Na_2O	0.30	0.26	0.42	0.25	0.35	1.44	3.33	4.73	3.28	4.85	3.62	4.94	3.37	5.12	3.17	4.95	5.64	5.41	3.91
K_2O	0.02	0.00	0.02	0.02	0.04	1.41	0.68	0.21	0.60	0.18	0.07	0.08	0.63	0.90	1.16	1.13	2.99	0.50	1.48
P_2O_5	0.12	0.12	0.00	0.00	0.05	0.02	0.20	0.20	0.12	0.315	0.23	0.35	0.52	0.157	0.47	0.53	0.17	0.46	0.10
SO_3	0.05	0.05	0.06	0.05	0.04	0.08	0.05	0.08	0.05	0.07	0.22	0.08	0.09	0.08	0.05	0.07	0.06	0.05	0.06
烧灼量	9.30	12.88	12.81	13.24	13.82	3.43	2.57	3.21	2.95	4.35	4.09	4.92	4.82	1.97	6.75	4.56	2.93	5.93	3.70
合 计	100.70	99.77	99.08	99.54	100.46	100.2	100.25	100.14	99.885	99.70	99.52	99.82	99.647	100.50	99.92	99.92	99.30	99.78	99.51

续 表 2

序　号	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
样　号	84Ⅰ-5/1	84Ⅰ-6/3	84Ⅰ-9	84Ⅰ-11	83Ⅰ-6/1	84Ⅱ-6	84Ⅱ-7	83-2/1	203/6	84Ⅰ-7/4	83Ⅰ-7/4	84Ⅰ-5	84Ⅰ-10	83Ⅰ-9/1	83-1	83-303/2
取样位置	奎　　屯　　河							沙大旺	巴　音　沟			奎屯河		巴音沟	沙大旺	
岩石名称	B	B	Bd	Sp	BTH	Bd	Sp	Bd	B	Pl-G	Pl-G	Dp	R	R	R	R
SiO_2	52.86	46.56	49.91	50.00	50.40	51.31	43.20	51.60	47.80	76.13	73.07	59.10	91.80	94.12	92.43	64.90
TiO_2	1.34	2.64	0.98	1.07	1.45	2.80	2.29	1.65	1.40	0.46	0.23	1.01	0.10	0.05	0.10	0.60
Al_2O_3	14.67	16.12	13.79	14.22	14.74	14.66	13.39	15.91	15.55	11.70	12.30	16.62	3.08	1.28	2.33	15.70
Fe_2O_3	4.57	10.71	4.49	5.05	6.70	4.60	3.65	5.47	4.25	0.71	0.68	1.82	1.51	0.83	1.25	5.15
FeO	8.08	2.87	6.83	6.16	7.06	7.49	5.28	6.76	6.02	1.58	1.66	4.60	0.16	0.74	0.86	0.94
MnO	0.22	0.17	0.22	0.18	0.22	0.20	0.192	0.18	0.20	0.05	0.04	0.13	0.28	0.15	0.75	0.20
MgO	3.15	3.82	4.03	7.71	5.08	4.52	3.41	5.32	8.23	0.92	0.99	3.28	0.75	0.25	0.46	1.50
CaO	6.41	6.34	9.16	8.69	8.65	5.77	14.09	4.68	10.38	2.11	2.49	4.78	0.63	0.59	0.76	1.10
Na_2O	4.78	3.24	7.42	3.84	2.82	3.54	2.83	4.78	2.78	4.76	5.60	5.19	0.43	0.10	0.16	7.08
K_2O	1.10	2.24	0.50	0.98	1.00	1.99	1.36	0.30	0.52	0.45	0.00	0.68	0.41	0.30	0.32	0.67
P_2O_5	0.12	0.51	0.08	0.09	0.16	0.14	0.64	0.188	0.109	0.04	0.05	0.388	0.17	0.07	0.02	0.10
SO_3	0.06	0.06	0.06	0.07	0.09	0.07	0.07	0.08	0.08	0.06	0.10	0.09	0.07	0.08	0.08	0.06
烧灼量	2.40	4.50	2.40	2.13	1.56	3.38	10.24	3.23	2.52	0.40	2.22	2.54	1.08	0.64	1.13	1.33
合　计	99.76	99.76	99.78	99.83	99.93	100.47	100.64	100.15	99.84	99.37	99.43	100.23	100.47	99.20	100.65	99.33

①样品由本队采集，由新疆地矿局中心实验室分析。

Su，蛇纹石化超基性岩；G，辉长岩；Gc，层状辉长岩；Gp，橄榄辉长岩；B，玄武岩，球颗玄武岩，Bd，粒玄岩；BTH，拉斑玄武岩；Sp，细碧岩，Pl-G，斜长花岗岩；Dp，辉绿玢岩；R，放射虫硅质岩。

表 3 蛇纹石化超基性岩岩石化学分类

Table 3 Petrochemical classification of serpentinized ultrabasic rocks from Bayingol ophiolitic suite

样品号①	王恒升、白文吉主要特征数值及岩类②					里特曼法的镁铁矿物含量（%）及岩类③			
	ac	m	f	m/f	岩石类型	黑云母	紫苏辉石	橄榄石	岩石类型
1	2.98	45.39	5.71	7.94	镁质橄榄辉石岩 (ol-py-1)	0.3	74	19.2	橄榄辉石岩
2	1.28	45.01	6.19	8.72	镁质橄榄岩 (py-1)	—	31	64.3	橄榄岩
3	2.35	51.98	7.23	7.19	镁质橄榄岩 (py-1)	0.3	25	68	橄榄岩
4	0.99	54.54	6.08	8.97	镁质橄榄岩 (py-1)	0.3	30	66	橄榄岩
5	2.29	54.79	5.96	9.19	镁质橄榄岩 (py-1)	0.6	18	75.4	橄榄岩

①样品号同表 2 的顺序号；②据图解投影及分类表。③非镁铁矿物及付矿物从略。

图解中大部分样品落在岛弧拉斑玄武岩区内，而一部分样品落在大洋拉斑玄武岩区内(图4)，有些样品含有较高的碱质，为碱性玄武岩。与阿曼塞迈尔和日喀则地区蛇绿岩的基性熔岩平均值相比，SiO_2、MgO含量较低，而铁与碱质含量较高，特别富 Na_2O（平均4.25）。本区熔岩平均值投影在岛弧拉斑玄武岩区内。应当指出，这种图解不可能清楚地区分岛弧与

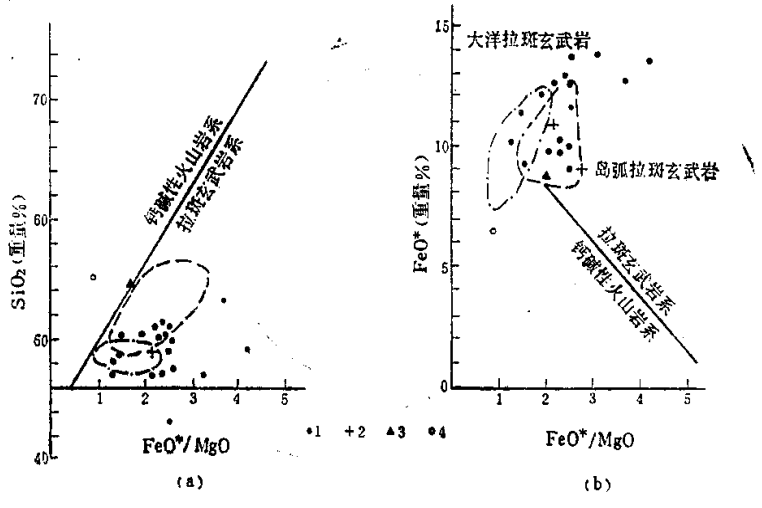


图 4 巴音沟蛇绿岩基性熔岩FeO^*/MgO值对SiO_2(a)和FeO^*(b)的变异图（引自从柏林(1979, p237)）

1. 本区基性熔岩； 2. 本区基性熔岩平均值； 3. 西藏日喀则蛇绿岩基性熔岩平均值（邓万明等，1984）；4. 阿曼塞迈尔蛇绿岩基性熔岩平均值（科尔曼，1977，表7.9）

Fig. 5 SiO-FeO^*/MgO and FeO^*-FeO^*/MgO diagrams of basaltic lavas from Bayingol ophiolitic suite

大洋拉斑玄武岩（科尔曼，1977，p48）。在P_2O_5对TiO_2相关图解中（图5），下部块状熔岩大多落在洋脊玄武岩区内；上部枕状熔岩主要落在碱性玄武岩区内。后者P_2O_5、TiO_2及Na_2O偏高，暗示二者形成环境略有差异。

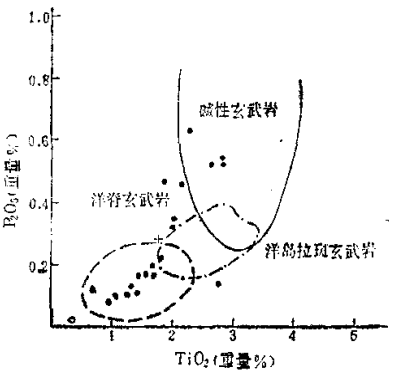


图5　巴音沟蛇绿岩基性熔岩TiO_2-P_2O_5相关图（据Bass et al.，1973，转引自王希斌等，1984，图1）

Fig. 6　TiO_2-P_2O_5 diagram of basaltic lavas from Bayingol ophiolitic suite

本区基性熔岩的TiO_2平均值（1.88%）高于阿曼（0.03%，科尔曼，1977，表7）、雅鲁藏布江（平均1.08%，王希斌等，1984）蛇绿岩中基性熔岩的平均TiO_2含量和岛弧型拉斑玄武岩平均TiO_2含量（0.5—0.83%，Hawkins，1980），与大洋拉斑玄武岩的平均TiO_2含量（1.8%，从柏林，1979，表7—10）比较接近。近年来一些研究蛇绿岩的学者Nisbet和Pearce（1973）认为，海底扩张速度与TiO_2成正比关系，因此可以推知，本区蛇绿岩所代表的海洋盆地的扩张速度比雅鲁藏布江蛇绿岩所代表的海洋盆地的1cm/年扩张速度（王希斌，1984）更大。如果Al_2O_3/TiO_2值小，反映原始镁铁值岩浆分异程度低（邓万明等，1982，1984）的原则成立，那么本区原始镁铁值岩浆分异程度（$Al_2O_3/TiO_2=7.94$）比日喀则地区分异程度（$Al_2O_3/TiO_2=10-20$，邓万明，1984）还低。从上述讨论，可以认为本区基性熔岩的生成环境相似洋脊，很大可能性是边缘海盆快速拉张环境下的产物。

5. 放射虫硅质岩

代表深海沉积物的硅质岩，在巴音沟地区广泛分布。硅质岩主要由玉髓、氧化铁粉末及自生石英等组成，普遍发育白色硅质细脉，以及强烈褶曲变形（照片C）。硅质岩化学成分（表2，32—35）表明，紫色放射虫硅质岩SiO_2含较高（>90%），绿色硅质岩Al_2O_3、MgO、及CaO及Na_2O含量较高，与它所含的泥质和火山物质有关。前者为正常生物化学沉积，后者与火山沉积有成因关系。

三、稀土和微量元素特征

表4和5分别列出了巴音沟蛇绿岩的稀土元素和微量元素的分析数据。图6表示了蛇纹石化超基性岩（A）、层状辉长岩（B）、下部块状熔岩（C）及上部枕状熔岩（D）四组稀土元素分配曲线。下面就各类岩石作简要讨论。

（1）蛇纹石化超基性岩的稀土元素总量（2.08—3.09）比球粒岩石稀土总量低（5.464）。配分曲线总体上呈现出“W”型的模式，与残余地幔变质橄榄岩的稀土元素配分特征相似（科尔曼，1977，图34）。因此本区蛇纹石化超基性岩代表了亏损较大的上地幔物质。

（2）辉长岩及层状辉长岩的稀土总量显示亏损和富集型两类。前者轻稀土相对于重稀土亏损，具有Eu正异常，显示了较基性的堆晶橄榄辉长岩的特点；而后者轻稀土相对于重

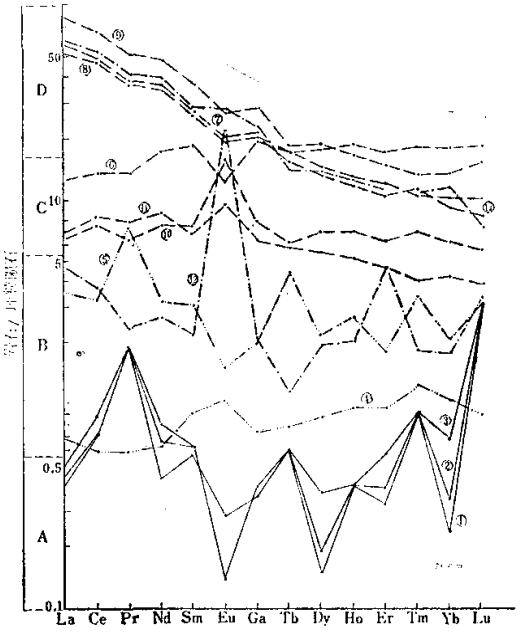


图 6 巴音沟蛇绿岩套各类岩石的稀土元素分配模式（标准化值采用Langmuig et al., 1984）
①—⑬为样品号，与表 4 中的样品序号同。A为蛇纹石化超基性的曲线组； B为层状辉长岩类的曲线组；C为下部块状熔岩的曲线组；D为上部枕状熔岩的曲线组。
Fig 6 REE disstribution patterns for Bayingol ophiolitic rocks

稀土富集，具明显Eu负异常，显示了高层位辉长岩的稀土配分特点。值得提出，明显侵入于层状辉长岩的斜长花岗岩脉的稀土配分曲线，除了异常高的Eu外，酷似高层位辉长岩，Eu 值高可能与斜长石早期结晶分离的成因有关，表明与层状辉长岩有密切关系。

（3）基性熔岩总体来看ΣREE均大于辉长岩（图 6）。下部块状玄武岩（⑥、⑩、⑪）与上部枕状玄武岩（⑦、⑧、⑨）的稀土配分形式有较明显差别。前者显示出平缓的分配曲线，与N 型洋脊拉斑玄武岩（Leroer, 1983）相似。根据其形态可分为两类，一类具正Eu异常，另一类具负Eu异常，正 Eu 异常可能与岩石中具有堆晶成因的斜长石斑晶有关。上部枕状熔岩表现出一致性的轻稀土相对富集的特点，配分曲线向HREE方向较徒倾斜，具碱性或偏碱性玄武岩的性质，这与它化学成分显示的特点是一致的。辉绿岩脉（⑬）稀土配分形式与上部枕状熔岩一致，表明二者的同源性。

上述蛇绿岩套火成单位中的稀土资料表明，在蛇绿岩形成过程中具有复杂的岩浆作用和不同的岩浆来源。基性熔岩的轻稀土元素总量与重稀土元素总量的比（L/H）为0.59—2.44（表 4），也揭示了本区玄武岩岩浆的多种来源和强烈的分异作用。

蛇绿岩的微量元素分析（表 5）表明，Cr、Ni、Co 在蛇纹石化超基性岩中相对富集，向上依次在辉长岩、基性熔岩和辉绿岩脉中相对贫化；而Ti、Zr、Sr、K、Na、Ba、V、Cu等元素则成相反的变量关系，即从蛇纹化石超基性岩到上部的基性熔岩逐渐富集。下部块状熔岩

表 4　巴音沟蛇绿岩稀土元素含量(ppm)

Table 4　(ppm) The abundance of REE for Bayingol ophiolitic rocks

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
样号	Ⅰ-11	Ⅰ-4/α	Ⅱ-11	Ⅰ-7/6	Ⅰ-4	Ⅰ-8/1	Ⅰ-8/2	Ⅰ-8/3	Ⅰ-8/4	Ⅰ-12	Ⅰ-11	Ⅰ-7/4	Ⅰ-5
位置	巴音沟	奎屯河		巴音沟	奎屯河	巴音沟							奎屯河
岩石名称②	Su	Su	Su	Gc	G	Bd	B	Sp	Sp	Sp	Sp	PL-G	Dp
La	0.13	0.16	0.14	0.21	1.10	3.94	18.36	16.39	25.02	2.05	2.20	1.48	18.87
Ce	0.57	0.70	0.57	0.48	2.60	11.30	40.17	39.02	55.25	5.39	6.73	3.00	43.34
Pr	<0.25	<0.25	<0.25	<0.075	0.95	1.76	4.89	4.88	6.73	0.83	0.99	<0.3	5.32
Nd	<0.25	0.47	0.39	0.38	1.80	10.28	21.73	21.16	29.03	4.45	5.09	1.60	22.99
Sm	0.11	0.12	0.12	0.17	0.58	3.50	5.19	5.07	6.94	1.40	1.27	0.42	5.25
Eu	0.02	0.01	0.01	0.75	0.11	1.02	1.48	1.40	1.91	1.15	0.68	1.55	1.90
Gd	0.09	0.10	0.09	0.19	0.50	5.07	5.58	5.26	7.31	2.00	1.64	0.52	5.80
Tb	<0.03	<0.03	<0.03	0.04	0.22	0.85	0.84	0.78	0.94	0.30	<0.30	0.058	0.70
Dy	0.05	0.12	0.06	0.28	0.71	5.78	4.70	4.32	6.06	2.24	1.76	0.62	4.39
Ho	<0.03	<0.03	<0.03	0.07	0.19	1.35	0.93	0.88	1.23	0.51	0.37	0.15	0.93
Er	0.08	0.12	0.07	0.20	0.38	3.56	2.39	2.18	3.10	1.30	0.94	0.80	2.36
Tm	<0.03	<0.03	<0.03	0.04	0.11	0.59	0.33	0.36	0.43	0.23	0.13	0.06	0.34
Yb	0.07	0.14	0.05	0.22	0.42	3.69	2.07	1.86	2.71	1.25	0.86	0.37	2.29
Lu	<0.1	<0.1	<0.1	0.028	<0.1	0.58	0.32	0.26	0.47	0.18	0.12	<0.1	0.39
Y	0.27	0.71	0.26	1.75	3.24	32.79	22.38	20.23	29.02	11.39	8.12	0.41	22.04
ΣREE	2.08	3.09	2.20	4.88	13.01	86.06	131.36	124.05	176.15	34.67	131.20	11.44	136.91
LREE	1.33	1.71	1.48	2.065	7.14	31.80	91.82	87.92	124.88	15.27	16.69	8.35	97.67
HREY	0.75	1.38	0.72	2.815	5.87	54.26	39.54	36.13	51.27	19.40	14.24	3.09	39.24
La/Yb	1.857	1.143	2.80	0.95	2.62	1.06	8.87	8.81	9.23	1.60	2.56	4.00	8.24
δEu	0.60	0.27	0.28	1.28	0.61	0.74	0.84	0.83	0.82	2.12	1.46	10.22	1.06
L/H	1.77	1.24	2.06	0.73	1.22	0.59	2.32	2.43	2.44	0.79	1.19	2.70	2.49

①样品由中国地质科学院谭之棫、曾惠芳、任新宇、温宏利等分析；②样品编号同表 2 。

表 5　巴音沟蛇绿岩微量元素含量 (ppm)

Table 5　The abundance of trace elements for Bayingol ophiolitic rocks

序　号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
样　号	Ⅰ-11	Ⅱ-11	Ⅰ-4/α	Ⅰ-4	Ⅰ-12	Ⅰ-11	Ⅲ-6	Ⅲ-7	Ⅰ-5
位　置	巴音沟	奎屯河	奎屯河	奎屯河	巴音沟	奎屯河	奎屯河	奎屯河	奎屯河
岩名　称	Sn	Sn	Sn	G	Sp	Sp	Bd	Sp	Dp
Cr	1302.00	724.40	2132.00	34.33	280.40	205.00	17.14	137.20	34.50
Ni	1645.00	1798.00	1570.00	49.55	103.70	76.43	15.13	99.48	18.84
Co	81.72	87.71	84.42	28.66	36.94	41.17	28.15	37.40	17.39
Ti	47.01	51.07	132.20	1136.00	4445.00	5810.00	15010.00	13350.00	6068.00
Zr	<1.29	<1.00	<1.00	14.51	32.29	43.10	317.80	190.30	165.00
Sr	9.35	3.81	15.56	114.10	78.64	115.10	295.60	297.20	207.50
K	<0.20	<0.20	<0.20	0.61	0.22	0.28	1.85	1.26	1.12
Na	<0.05	<0.05	<0.05	3.47	2.13	2.62	3.14	2.98	2.97
Ba	4.57	4.43	5.64	24.12	24.88	65.58	487.90	379.20	220.50
Cu	15.69	2.02	52.15	48.15	117.80	147.00	39.65	58.12	35.65
U	22.69	16.21	44.02	164.20	227.50	225.50	119.60	146.00	120.40

样品名称同表 1 。

与上部枕状熔岩在TiO_2-Zr在图解上分别落在岛弧与板内熔岩区。

四、结 论

1．巴音沟蛇绿岩套虽然受到了强烈的构造肢解，但仍保存了超基性岩、堆晶辉长岩、辉长岩、块状和枕状玄武质熔岩及放射虫硅质岩较完整的岩石组合，可能代表了从中石炭世强烈拉张所形成的一个海盆地的壳幔建造残块。

2．蛇绿岩套的超基性岩虽然受到了强烈的蛇纹石化，原生结构构造遭破坏，但是从稀土配分形式鉴别，它是一套镁质的变质橄榄岩。

3．在深成岩浆套中主要保存的是层状辉长岩和高层位辉长岩。少量贯入的斜长花岗岩具有高的Eu异常显示了与斜长石结晶分异作用演化岩浆的联系。

4．浅成岩浆套中未发现典型的席状岩墙群，但见有以贯入玄武岩基质中的辉绿岩岩墙。这可能代表席状岩墙单位的较高部位。

5．玄武质熔岩明显可分为下部块状熔岩和上部枕状熔岩。下部熔岩以洋脊拉斑玄武岩为主，上部熔岩以碱性玄武岩为主，也出现了少量洋岛玄武岩。显示了岩浆喷发过程时其形成环境从扩张脊到洋岛（或海山链）的变化。

6．根据硅质岩中放射虫的时代不早于泥盆纪，上部复理石中的菊石等化石为中石炭世。从区域上看，中石炭世末本区已结束了海洋的发展。因此蛇绿岩套所代表的海盆地可能是从早石炭世到中石炭世经历了扩张，而至中石炭世末期收缩和封闭，造成了蛇绿岩地质体的侵位。

本文得到地科院姜春发，王作勋及一区调队胡树荣、徐新和吴广涛同志的有益启示和帮助，在此深表感谢。

主 要 参 考 文 献

从柏林，1978，岩浆活动与火成岩组合，地质出版社。
王恒升等，1978，基性岩与超基性岩的岩石化学分类，地质学报，1，33—39。
王希斌等，1984，西藏雅鲁藏布江（中段）蛇绿岩组合层序及特提斯洋壳演化模式，中法喜马拉雅考察成果，地质出版社。
邓万明等，1982，西藏日喀则地区蛇绿岩微量元素地球化学，岩石学研究（第一辑），地质出版社。
里特曼，A.，1979，金秉慧译，火成岩的稳定矿物组合计算方法，地质出版社。
肖序常，1984，西藏日喀则蛇绿岩及有关大地构造，中法喜马拉雅考察成果，地质出版社。
周云生等，1982，西藏南部日喀则地区蛇绿岩地质，地质科学，1，1—8。
科尔曼，R.G.，1977，（鲍佩声译），1982，蛇绿岩，地质出版社。

GEOLOGICAL FEATURES OF BAYINGOL OPHIOLITIC SUITE OF NORTH TIANSHAN, XINJIANG

Wu Jiyi and Liu Chengde

(The First Regional Geological Survey Team, Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang, Qitai, Xinjiang)

Key words: Ophiolite; Ultrabasic rock; Basaltic lava; Geochemistry; Bayingol; Northern Tianshan; Xinjiang

Abstract

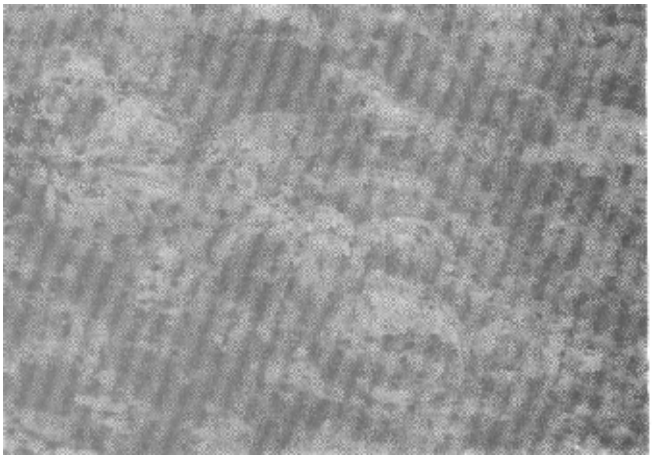
Whether there are ophiolites in Tianshan Mt. of China has been an important problem for many years. A complete sequence of ophiolite was found in Bayingol of North Tianshan in 1983. This has provided a new clue for studying tectonics and looking for related mineral resources in this area.

The ophiolites consist, from the lower to the upper, of serpentized ultrabasic rocks, layered gabbros, basic lavas (including lower massive lavas and upper pillow lavas), and radiolaria cherts overlain by turbidites of the Middle Carboniferous. Typical dike swarm has not been found. The contact between all these units of the ophiolites is fault. Primary sequences have structurally been distroyed. Geological setting, petrol-chemistry and geochemistry of these rocks differ from those of the ophiolites of both Oman and Xigaze (Shigatse), but are very similar to those of west Junggar. Bayingol ophiolites represent the oceanic crust which formed in a rapidly spreading epicontinental sea-basin in the middle Carboniferus, emplaced in the end of the middle Carboniferus.



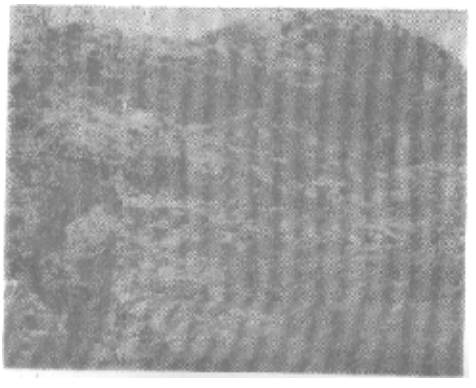
(A)

巴音沟蛇绿岩中的层状辉长岩露头。层厚10cm—1m，产状210—220°/45°。位置见图3(A)中的A。



(B)

巴音沟蛇绿岩中的枕状玄武岩露头照片。岩枕长轴40cm到1m。位置见图3(A)中的B。



(C)

巴音沟蛇绿岩中放射虫硅质岩露头照片，清晰可见十分发育的揉性褶皱。位置见图3(A)中的C。