

甘肃东大山地区龙首山岩群 地球化学特征及其构造环境

胡能高

(长安大学 地球科学与国土资源学院, 陕西 西安 710054)

[摘要] 东大山地区龙首山岩群形成于早元古代,是一套经角闪岩相变质改造的变质地质体。按岩石组合特征划为四个岩组:A岩组以黑云片麻岩和斜长角闪岩为主,夹有少量变粒岩、大理岩和二云石英片岩;B岩组以各种石英片岩和云母片岩为主,夹多层石英岩、长石石英岩和薄层状大理岩;C岩组以各种云母片岩和石英片岩为主,夹斜长角闪岩和大理岩;D岩组以中层—中厚层状大理岩为主,夹钙质片岩、云母片岩和变粒岩。A岩组原岩为一套以火山岩为主的沉积岩;B、C岩组原岩建造均以杂砂岩—泥质岩为主,但B岩组比C岩组有更多石英砂岩,而C岩组夹基性火山岩;D岩组原岩以碳酸盐岩为主。A、C岩组中基性火山岩均显示偏碱性成分特征,形成于板内裂谷环境。B、C岩组中泥质岩的岩石化学、微量元素、稀土元素与后太古代的均值接近。与B岩组相比,C岩组泥质岩更富稀土、更小的 δEu 、更大的 $(\text{La/Lu})_N$;Cr、Ni、Co低,Rb、Ba、Hf、Nb、Ta高; FeO 、 MgO 、 CaO 、 Na_2O 低, P_2O_5 、 TiO_2 、 K_2O 高。龙首山岩群原岩建造显示华北板块西部早元古代的板内裂谷从早到晚构造活动性由强到弱。

[关键词] 龙首山岩群;原岩恢复;构造环境;甘肃

[中图分类号] P588.34 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1007-9955(2003)04-0032-08

[作者简介] 胡能高(1949-),男,浙江东阳人,教授,现从事岩石学及地球化学的教学与研究工作。

东大山位于甘肃张掖市东偏北约40 km处,是龙首山岩群的重要分布区之一。在作1:5万那仁布鲁格幅地质调查时对龙首山岩群进行了研究。龙首山岩群建于1960年^[1],是一套经多期次变质、变形改造的早元古代变质体,分布在河西走廊北侧,以NW-SEE向展布,西起金塔县境内,向东南经高台县合黎山、张掖东大山,到金昌市龙首山一带,断续延伸约400 km。1:20万地质调查已覆盖了该变质体,在金昌市一带还作过1:5万地质调查^①,1:400万全国变质地质编图时也涉及该岩群^[2]。这些工作已对该岩群的基础地质问题进行了较系统研究,取得了较多成果,但在原岩建造特征及构造环境等方面仍存在不同意见或欠明确之处。因此笔者先介绍东大山地区龙首山岩群的组成及岩组划分,然后恢复各岩组的原岩,阐明地球化学特征,然后在此基

础上探讨其构造环境及其演化。

1 区域地质背景

研究区地处华北板块阿拉善地块的西部,南邻祁连褶皱带,是构造活动、岩浆作用及变质作用较强烈的地带。区内地层残缺不全,最老地层是龙首山岩群,形成于古元古代,现为一套角闪岩相无序变质体,构成本区的结晶基底。最早的盖层为蓟县系浅海相敦子沟群的老寺顶组,在老寺顶组之后先后沉积了浅滨海相中石炭统羊虎沟组和下白垩统陆相庙沟组。第四系更新统和全新统分布较广泛(图1)。岩浆活动以花岗岩侵入最强烈,有三期,先后侵入时间为:19~20亿a,14~15亿a和3~4亿a,属元古宙和海西期花岗岩,均以岩株产出^②。褶皱作用主要发育在龙首山岩群和老寺顶组中,主体轴面走向为NW-SE。线性构造有糜棱岩带和分划性断裂二

[收稿日期] 2003-03-14

[基金项目] 国土资源部地质大调查项目(1:5万那仁布鲁格幅)

①甘肃省地质矿产局.1:5万河西堡幅区域地质调查报告.1996.

② 长安大学地调所.1:5万那仁布鲁格幅地质调查报告.2001.

ABCD 四个岩组,各岩组的岩石组合情况如下:

A 岩组:主要由浅灰色-灰色黑云斜长片麻岩、黑云二长片麻岩和深灰色-深灰绿色斜长角闪岩组成,常以厚薄不等的似层状产出,其间夹有少量变粒岩、大理岩和二云石英片岩等。剖面出露厚度多在 365~758 m 间变化。

B 岩组:主要岩性有各种云母片岩、石英片岩,各种片岩以厚度不等的似层状相间出现,其中夹多层石英岩、长石石英岩、变粒岩和薄层状大理岩。剖面上,石英岩、长石石英岩和片岩组成的韵律可多次出现,显示原始碎屑-泥质沉积的韵律状构造。该岩组在剖面上出露厚度在 285~668 m 间变化。

C 岩组:仍以云母片岩类及石英片岩类为主,与 B 岩组相比,云母片岩类有所增加,石英岩和长石石英岩夹层明显减少,大理岩的夹层有所增加,且似层厚度变大,还出现多层深灰绿色斜长角闪岩夹层。此外,还见灰色变粒岩夹层,剖面上出露厚度在 196~408 m 间变化。

D 岩组:以灰白色块状、似层状大理岩为主,夹有不纯大理岩、灰色钙质石榴变粒岩、钙质斜长角闪岩和云母片岩。剖面上出露宽度大多在 200 m 以上。

各岩组之间多为过渡关系或强变形带。区域上 A 岩组主体分布在研究区的西南部,其他岩组分布在东北部,大体上相间出现。虽被花岗岩侵入、变形带及断层分割改造,其连续性遭受破坏,但仍保留有 NW-SE 向褶皱构造的格局(图 1)。

3 岩石化学、原岩恢复及地球化学特征

3.1 岩石化学及原岩恢复

除 D 岩组因岩石较单调,其原岩性质易于确定,未作岩石化学分析外,其他 3 个岩组中代表性变质岩的化学分析均见表 1。采用多种方法对原岩进行恢复,其结果见表 2。说明各种方法具有较好的一致性。

A 岩组的主体岩石均显示正变质的化学特征(表 1、2 中 1~6)。产状上片麻岩和斜长角闪岩以似层状产出,说明属火山岩,而不是变质岩体。 SiO_2 在 47.54%~74.56%,分别属基性、中性和酸性火山岩。与各相应火山岩相比,各氧化物在正常变化范围内,但也显示出一些特点,基性、中性岩碱含量高,尤其是基性斜长角闪岩。酸性岩的 K_2O 偏低。

σ 值在 1.31~7.57 间变化,按 Rittmann 分类,分属不同系列:基性岩多属碱性,中性岩与钙碱性相近,而酸性的为钙性。在该岩组中还有少量大理岩、石英片岩等夹层,其原岩应属正常沉积岩。故 A 岩组原岩是一套以火山岩为主的沉积建造。

B 岩组以各种片岩为主,夹有石英岩、长石石英岩和薄层状大理岩,其剖面和岩相等特征均表明属正常沉积岩。在化学成分上,石英岩和长石石英岩中 SiO_2 较高(表 1),显示碎屑岩的成分特征。云母片岩和石英片岩 SiO_2 适中, Al_2O_3 、 K_2O 较高,多显示泥质岩的特征。在米什金图解上,泥质成分中蒙脱石较多,水云母和高岭石较少,碎屑岩中粘土成分也高,显示杂砂岩或复成分砂岩的特点(表 2),可见 B 岩组的原岩是一套正常沉积岩,原沉积组合是以砂岩-杂砂岩-泥质岩为主,夹薄层碳酸盐岩。

C 岩组的原岩以正常沉积岩为主,夹有基性火山岩。与 B 岩组相比正常沉积岩也有差异:碳酸盐岩增多,且层厚度变大;碎屑岩,尤其是石英砂岩变少。与 A 岩组的火山岩相比,该岩组的火山岩单一,均为基性火山岩,但较富碱的特点与 A 岩组相一致。故 C 岩组的原岩是夹有基性火山岩的泥质岩-杂砂岩-碳酸盐岩建造。

D 岩组的岩性较单调,以白色-浅灰色大理岩为主,其原岩的主体明显属碳酸盐岩。夹层原岩也多含钙或钙质泥岩,故为一套含不等量泥质或泥质岩夹层的碳酸盐岩建造。

3.2 地球化学特征

区内代表性变质岩的稀元素及微量元素分析列于表 3、表 4 中。A 岩组中变质中性岩的 $\sum\text{REE}$ 、 $(\text{La}/\text{Lu})_N$ 值均高(表 3 中 1,5),基性岩次之(表 3 中 3,4)。酸性岩较低(表 3 中 2)。与相应的火山岩相比,基性岩的轻稀土偏高,重稀土相近或偏低,因此轻重稀土的分异较显著(表 3,图 2d),表现出一些碱性岩的特征,但与典型碱性岩相比 $\sum\text{REE}$ 偏低,轻重稀土分异也较弱。与安山岩类相比中性火山岩(表 3,图 2a)轻稀土明显偏高,轻重稀土分异显著,与高钾安山岩(Gill,1981)^[3]的相似。与常见流纹岩类相比,酸性火山岩的 $\sum\text{REE}$ 较低(表 3,图 2a),但轻重稀土分异较明显,另一个显著特点是有较大 δEu ,这种稀土特点与基性岩浆分异残留体(Arth, 1979)^[4]相似。A 岩组中基性及中性变质火山岩的 δEu 在 0.90~1.25 间变化,说明岩浆没有发生显著的低压分异结晶,也能支持原岩应为火山岩,而非变

表 1 代表性变质岩的化学成分 ($w_B/\%$)Tab.1 Chemical composition of typical metamorphic rocks ($w_B/\%$)

序号	原编号	岩石名称	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	烧失量
1	b98234/3	黑云斜长片麻岩	59.40	0.84	16.22	2.10	4.82	0.12	3.22	3.51	4.04	4.11	0.30	0.68	0.67
2	b98235/1	黑云斜长片麻岩	74.56	0.40	12.66	0.59	2.15	0.10	0.67	1.47	3.96	2.48	0.04	0.56	0.23
3	N98861/5	斜长角闪岩	49.70	1.36	12.82	9.86	2.41	0.24	5.82	8.91	0.32	4.24	0.13	0.62	3.13
4	bP4/46	斜长角闪岩	51.15	3.02	11.62	4.05	10.93	0.24	4.86	7.76	2.38	1.52	0.28	0.89	0.80
5	bP5/3	斜长角闪岩	62.14	1.16	15.66	1.44	3.08	0.10	2.89	3.92	4.08	3.35	0.33	0.50	0.72
6	bP2/24	斜长角闪岩	47.54	2.27	15.08	5.38	6.25	0.17	5.55	9.34	3.47	2.31	0.150	0.91	0.78
7	bL249/1	透闪透辉岩	52.57	0.91	27.27	0.45	1.80	0.16	14.14	19.38	0.48	1.48	0.88	0.62	0.97
8	BP3/45	石英岩	97.40	0.07	0.85	0.03	0.39	0.03	0.10	0.27	0.05	0.36	0.01	0.28	0.30
9	BP3/37	二云钾长石英岩	87.84	0.24	5.22	0.84	0.93	0.11	0.61	0.65	0.78	1.32	0.04	0.98	1.18
10	bP4/12	含黑云长石石英岩	86.60	0.28	3.39	0.031	2.00	0.09	1.61	2.09	0.41	0.59	0.04	0.80	2.09
11	bP3/18	二云变粒岩	74.7	0.90	10.04	0.78	2.66	0.08	1.52	1.95	1.85	2.62	0.13	0.80	1.89
12	bP4/4	二云石英片岩	69.92	0.97	14.68	0.71	3.66	0.06	1.88	0.30	1.23	3.68	0.04	1.14	1.78
13	bP4/11	二云石英片岩	61.70	1.22	16.61	1.02	6.13	0.05	4.11	0.29	0.40	4.62	0.05	1.98	2.67
14	bP4/30	变斑状榴云片岩	66.26	1.29	13.90	2.71	5.98	0.07	2.22	0.52	0.91	3.18	0.10	1.44	1.75b
15	bP10/1	二云片岩	57.71	1.36	20.46	1.75	4.22	0.07	2.70	0.66	0.70	5.78	0.08	1.50	3.47
16	bP10/3	黑云片岩	51.31	1.47	17.73	1.47	5.82	0.05	9.832	2.13	1.48	3.68	0.15	2.90	3.75
17	BP3/43	石榴二云石英片岩	75.01	0.82	12.82	1.58	2.18	0.06	0.99	0.31	0.80	3.30	0.06	1.00	1.70
18	bP3/21	含石榴二云石英片岩	66.80	1.42	15.36	2.75	3.80	0.04	1.67	0.55	0.27	4.56	0.13	1.32	2.18
19	bP9/8	二云片岩	43.32	2.70	25.69	2.90	6.47	0.20	4.31	0.58	1.06	7.58	0.21	1.64	3.37
20	bP11/5	含石榴二云片岩	60.54	1.25	20.21	4.59	2.74	0.19	1.42	0.51	0.84	4.78	0.06	1.32	2.51
21	bP11/1	黑云斜长角闪岩	48.58	3.75	16.98	2.35	8.65	0.19	3.52	5.68	3.96	2.54	0.85	1.00	1.06
22	bP9/3	黑云斜长角闪岩	48.63	4.16	15.78	5.27	6.63	0.19	4.66	7.49	4.34	0.83	0.96	0.62	0.49

注:所有样品均由地矿部宜昌地质研究所测试。主元素用重量和容量法分析,REE及多数微量元素用 IOP 及 AAS 法分析,精度高于 0.01×10^{-6} 。1~7 为 $Pt_1 I^a$, 8~16 为 $Pt_1 I^b$; 17~22 为 $Pt_1 I^c$ 。

表 2 代表性变质岩原岩恢复结果

Tab.2 The protoliths of typical metamorphic rocks

序号	岩石名称	西蒙南图解	利克图解	米什金图解 1	米什金图解 2	米斯拉图解	塔尼图解	恢复结果
1	黑云斜长片麻岩	正变质	正变质				正变质	中性火山岩
2	黑云斜长片麻岩	正变质	正变质				副变质	酸性火山岩
3	斜长角闪岩	正变质	正副变质重叠区			正变质		基性火山岩
4	斜长角闪岩	正变质	正变质			正变质		基性火山岩
5	斜长角闪岩	正变质	正变质			正变质		中性火山岩
6	斜长角闪岩	正变质	正变质			正变质		基性火山岩
7	透闪透辉岩	副变质(钙质区)	副变质(碳酸岩区)					泥质白云岩
8	石英岩	(副变质)*	副变质	石英砂岩或硅质岩	同左	(副变质)*		石英砂岩
9	二云钾长石英岩	(副变质)	正变质	杂砂岩	同左	(副变质)*		杂砂岩
10	含黑云长石石英岩	(副变质)	正副变质重复区	长石砂岩,复成分砂岩	杂砂岩	(副变质)*		杂砂岩
11	二云变粒岩	副变质	正变质	长石砂岩或复成分砂岩	同左	副变质		杂砂岩
12	二云石英片岩	副变质	副变质岩	蒙脱石质粘土岩/杂砂岩边界	同左	副变质		泥质岩
13	二云石英片岩	副变质	副变质岩	蒙脱石质粘土岩/杂砂岩边界	同左	副变质		泥质岩
14	变斑状榴云片岩	副变质(泥质区)	副变质	蒙脱石粘土岩	杂砂岩			泥质岩
15	二云片岩	副变质(泥质区)	副变质	水云母质粘土岩	水云母质粘土岩			泥质岩
16	黑云片岩	副变质(泥质区)	副变质	高岭石质粘土岩	杂砂岩			泥质岩
17	石榴二云石英片岩	副变质	副变质岩	杂砂岩	同左	副变质		杂砂岩
18	含石榴二云石英片岩	副变质	副变质岩	蒙脱石质粘土岩	同左	副变质		泥质岩
19	二云片岩	副变质(泥质区)	副变质	水云母质粘土岩	蒙脱石质粘土岩			泥质岩
20	含石榴二云片岩	副变质(泥质区)	副变质	蒙脱石质粘土岩	水云母质粘土岩			泥质岩
21	黑云斜长角闪岩	正变质	正变质			正变质		基性火山岩
22	黑云斜长角闪岩	正变质	正变质			正变质		基性火山岩

* 因 SiO₂ 值过高而出图,但变化趋势明显属副变质质量。

表 3 代表性变质岩稀土元素分析及有关参数

Tab.3 Rare earth elements ($w_B/10^{-6}$) and the ratios in typical metamorphic rocks

序号	岩石名称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	$(La/Lu)_N$	δEu
1	黑云斜长片麻岩	69.6	112	12.2	43.9	7.55	1.99	4.26	0.59	3.98	0.73	2.04	0.31	1.79	0.27	17.7	261.21	26.4	0.99
2	黑云斜长片麻岩	14.1	21.4	2.62	12.0	2.76	1.24	2.27	0.40	2.66	0.57	1.66	0.25	1.50	0.23	12.2	63.66	6.3	1.48
3	斜长角闪岩	14.6	27.5	3.40	15.2	3.36	1.15	3.30	0.60	3.90	0.84	2.41	0.34	1.96	0.29	19.8	78.85	5.2	1.06
4	斜长角闪岩	34.1	60.0	8.37	32.2	6.34	1.79	5.80	0.91	5.76	1.17	3.00	0.41	2.23	0.29	25.3	162.37	12.0	0.90
5	斜长角闪岩	48.2	71.5	8.15	31.0	5.03	1.69	2.90	0.32	2.19	0.42	0.97	0.15	0.38	0.26	9.43	173.16	19.0	1.25
7	透闪透辉岩	106	178	18.2	60.4	11.4	0.55	7.03	1.17	7.80	1.70	4.63	0.69	3.87	0.54	43.9	401.98	20.0	0.17
8	石英岩	4.56	5.55	0.67	1.58	0.46	0.083	0.55	0.063	0.33	0.071	0.18	0.24	0.12	0.016	1.68	14.257	29.5	0.51
9	二云钾长石英岩	19.5	45.5	3.10	13.4	2.61	0.49	1.40	0.23	1.46	0.31	0.75	0.10	0.55	0.080	5.76	89.48	24.9	0.72
10	含黑云长石石英岩	7.47	15.9	1.93	7.91	1.78	0.40	1.87	0.25	1.68	0.42	1.07	0.16	0.90	0.12	12.0	41.39	6.4	0.76
11	二云变粒岩	24.0	42.0	5.13	22.4	4.11	0.93	3.08	0.53	3.17	0.67	1.82	0.28	1.62	0.24	14.1	110.48	10.2	0.77
12	二云石英片岩	44.0	68.7	8.37	32.0	5.97	1.22	3.69	0.47	3.00	0.64	1.65	0.24	1.42	0.21	14.0	171.58	21.4	0.74
13	二云石英片岩	12.1	26.1	1.94	10.6	2.04	0.58	1.90	0.26	1.72	0.40	1.30	0.17	1.12	0.17	8.34	60.40	7.3	0.89
14	变斑状榴云片岩	44.0	53.5	9.03	35.0	5.88	1.35	4.60	0.59	4.03	0.87	2.53	0.38	2.04	0.30	21.6	164.10	15.0	0.77
15	二云片岩	53.4	77.9	10.9	39.9	7.73	1.55	5.63	0.84	5.25	1.07	2.81	0.41	2.28	0.31	23.7	209.98	17.6	0.69
16	黑云片岩	25.5	47.3	5.16	20.4	4.00	0.99	2.56	0.45	2.79	0.55	1.54	0.24	1.46	0.22	11.1	113.25	11.9	0.88
17	石榴二云石英片岩	36.2	68.0	7.86	28.9	5.65	1.08	3.52	0.61	3.78	0.74	2.14	0.25	1.57	0.24	13.8	160.54	15.5	0.70
18	含石榴二云石英片岩	33.4	59.4	7.70	29.4	5.49	1.22	6.22	1.12	7.61	1.68	4.63	0.66	3.73	0.54	36.7	162.8	6.3	0.64
19	二云片岩	95.5	147	19.5	76.1	14.6	2.47	10.8	1.65	10.1	2.17	5.92	0.82	4.46	0.64	59.9	391.73	15.3	0.98
20	含石榴二云片岩	51.8	90.7	11.3	44.5	8.60	1.70	6.19	10.5	6.61	1.38	3.77	0.55	2.60	0.40	32.02	231.15	13.3	0.68
21	黑云斜长角闪岩	54.9	90.6	12.4	50.5	10.3	2.82	8.16	1.14	7.54	1.63	3.96	0.59	2.76	0.40	34.2	247.70	14.1	0.93
22	黑云斜长角闪岩	57.1	90.4	12.4	49.8	10.3	3.02	8.68	1.20	7.31	1.62	3.97	0.56	2.58	0.39	34.4	249.34	15.0	0.96

注:所有样品均由宜昌地质所测试,因 6 号样未作 REE 及微量元素分析,故缺。

质岩体。与基性岩中平均微量元素相比,A 岩组中变质基性岩的 Cr、Ni、Co 等相容元素偏低,而强不相容元素 Rb 偏高,与碱性岩一致,显著偏高的元素是 Sr、Ba,这种特点在中性岩中表现更明显,酸性岩的 Ba、Sr 也偏高(表 4)。B 岩组中石英岩、长石石英岩的 ΣREE 变化较大,但总体上较低(表 3),是碎屑中石英量明显变化引起的,轻重稀土的分异与泥质岩相似(图 2a),是源自同一物源区的反映。B 岩组中石英片岩与云母片岩相比,云母片岩的 ΣREE 高,轻重稀土分异较大(表 3,图 2b~c)。在 C 岩组中也存在类似变化特点(表 3,图 2b~c)。在同类岩石中,B、C 岩组的稀土元素也存在明显变异趋势:C 岩组中的 ΣREE 相对较大, δEu 值相对较小,但轻重稀土的分异程度变化不大(图 2b~c)。

图 3 是太古宙、后太古代^[5]与本区 B、C 岩组变质泥质岩微量元素、主元素的对比图。图中表明,多数元素与后太古代泥质岩比较接近,与太古代的差别较大,其中 Cr、Ni、Co 不仅远低于太古宙泥岩,还低于后太古代的均值,Rb、Ba、Zr、Hf、Nb 不仅高于太古宙泥岩,还高于后太古代均值。只有 Sc 与太古

宙泥岩相似。V、Sr 在 B、C 岩组中表现出不同的特点:在 B 岩组中 Sr、V 低,C 岩组中明显高,表现出不同的偏离方向。

C 岩组中基性变质岩(表 3,图 2d)的 ΣREE 比 A 岩组的同类岩石略高,而 δEu 值相近。在微量元素方面,Cr、Ni、Co、V 等元素更低;Sr、Zr、Hf、Nb、Ta 均偏高(表 4),Nb/Ta、Zr/Hf 比值也偏高,但比地壳的平均比值低,其中 C 岩组的更接近于地壳均值。这可能是岩浆源区存在差异的表现。

总之,岩群中中性、基性变质火山岩具有不相容元素含量高,相容元素含量偏低, ΣREE 、 $(La/Lu)_N$ 高等特点,与碱性岩有相似之处。各种岩类的主元素,尤其是碱量、微量元素、稀土元素的变异不能用岩浆的分异结晶演化来解释,说明存在岩浆的多源性。在变质沉积岩中不同原岩类型微量元素和稀土元素的差异可能是石英碎屑含量不同引起的,同种岩类的差异反映物源区的变化或差异。泥质变质岩的地球化学特征与太古代泥质岩存在明显差异,与后太古代泥质岩均值更接近,但也存在差异,表现为具有更高的演化。

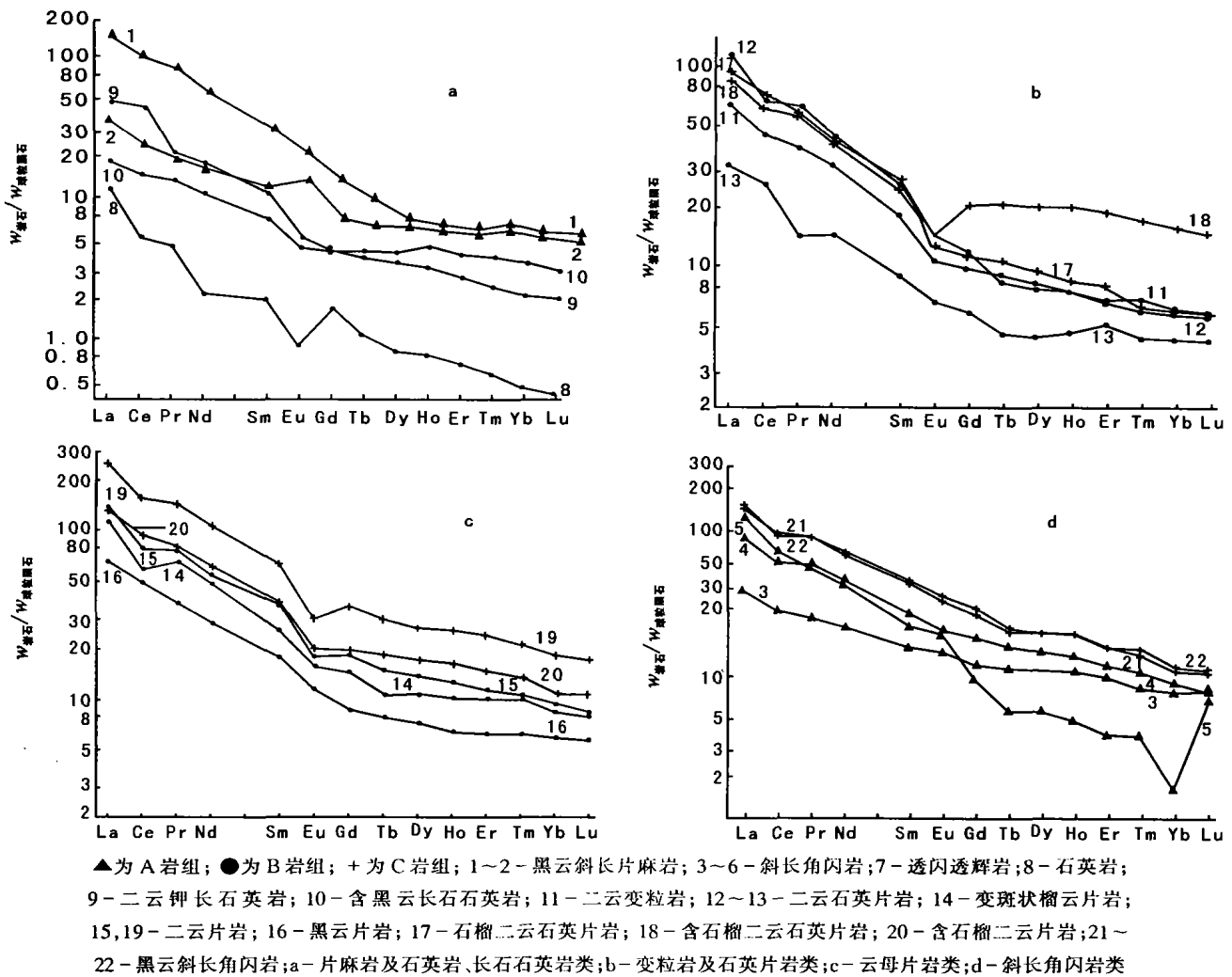


图2 龙首山岩群A、B、C岩组代表性岩石稀土元素配分图

Fig.2 Chondrite-normalized REE distribution patterns for A, B, C formations of the Longshoushan Group

4 构造环境及演化

4.1 岩组间的关系

讨论构造环境的主要依据是原岩建造的构造属性,而要阐述构造演化,必须确定四个岩组的先后关系。由于变质、变形改造的原因,原始指示层序的标志已被破坏,给先后关系的确定带来很大困难。四个岩组空间分布及岩组的岩石组合渐变过渡及不同岩组中同种变质沉积岩地球化学特征存在渐变过渡关系都表明四个岩组原始沉积基本是连续的,只能存在二种先后关系:其一是A岩组最老,依次为B、C岩组,D岩组最新;其二是与上述层序相反。分别测定A和C岩组中正变质岩的成岩年龄是确定先后关系的最好办法,但C岩组中斜长角闪岩岩性单调,放射性元素含量变化小,难以测定其年龄。

从泥质变质岩的地球化学特征看,B岩组和C岩组存在趋势性变异,这不仅表现在REE方面,也表现在微量元素方面,在石英片岩和云母片岩类中C岩组比B岩组的 Σ REE高, δ Eu小(图2b~c,表3)。在微量元素方面,Cr、Ni、Co的平均值B岩组比C岩组的高,而Rb、Ba、Hf、Nb等低。在主元素方面FeO、MgO、CaO、Na₂O均比B岩组的低,而P₂O₅、TiO₂、K₂O比B岩组的高(图3)。这种变异趋势与地壳演化趋势相一致,可能暗示着C岩组在B岩组之上。在此笔者取A岩组为龙首山岩群底部,D岩组为顶部的处理方案。

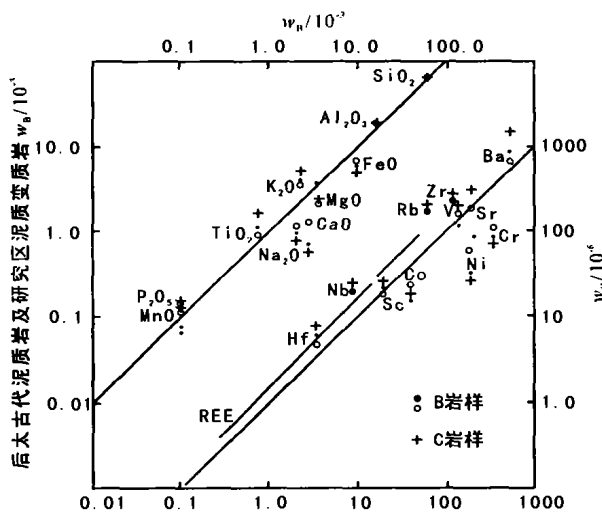
4.2 构造环境及其演化

火山岩组合及其地球化学特征对构造环境起有效的指示作用。先从本区火山岩来看其构造环境。变质基性岩中TiO₂、Zr较高,在皮尔斯和坎的Ti-Zr-Y图解(1973)及Ti/Y-Nb/Y图解(1974)^[6]中

表 4 代表性变质岩的微量元素 ($w_B/10^{-6}$)Table.4 Trace elements ($w_B/10^{-6}$) of typical metamorphic rocks

序号	岩石名称	Cr	Ni	Co	Rb	Sr	Ba	V	Nb	Ta	Zr	Hf	Sc
1	黑云斜长片麻岩	53.5	15.7	15.3	151	900	1520	110	12	1.5	260	6.3	14
2	黑云斜长片麻岩	18.5	7.1	3.1	48	550	960	17	5.2	1.5	170	5.7	7.7
3	斜长角闪岩	70.5	40.9	40.0	88	350	870	280	6.7	0.33	120	4.3	46.0
4	斜长角闪岩	31.5	41.6	42.8	57.0	180	375	405	17	4.7	160	6.3	49.0
5	斜长角闪岩	45.5	36.9	14.4	85	1230	1850	76	19.0	0.79	140	3.9	8.9
7	透闪透辉岩	3.5	3.1	3.6	46	91	260	10	26	3.2	120	4.5	2.4
8	石英岩	0.5	6.3	4.2	13	5.6	74	7.6	1.8	1.3	48	1.7	0.42
9	二云钾长石英岩	14.0	5.1	3.6	46	47	340	16	5.6	1.5	530	12	3.2
10	含黑云长石英岩	18.5	10.2	5.6	33	27	110	25	6.7	1.5	170	4.0	3.1
11	二云变粒岩	29.5	13.4	9.5	84	55	565	50	12	0.91	270	5.0	9.2
12	二云石英片岩	67.0	18.1	10.0	155	73.0	960	85	15	1.1	205	5.3	15.0
13	二云石英片岩	89.5	29.1	20.2	157	37	1080	90	18	1.1	230	5.7	21.0
14	变斑状榴云片岩	92.5	50.3	15.2	151	78	730	130	20	2.0	210	5.8	17.0
15	二云片岩	93.5	22.8	14.5	213	81	1330	120	20	2.0	250	6.8	24.0
16	黑云片岩	89.5	33.0	17.6	128	130	800	110	21.0	3.1	170	5.5	22.0
17	石榴二云石英片岩	34.5	17.3	6.8	126	46	610	74	15	0.97	210	5.5	13.0
18	含石榴二云石英片岩	42.5	23.6	10.3	147	47	610	98	19	2.5	260	6.4	18.0
19	二云片岩	135	48.7	25.6	211	140	1685	190	37	5.5	310	6.6	29.0
20	含石榴二云片岩	53.5	15.7	15.3	151	900	1520	110	12.0	1.5	260	6.3	14.0
21	黑云斜长角闪岩	22.5	18.9	29.7	58	520	610	165	60	7.7	310	7.0	21.0
22	黑云斜长角闪岩	2.5	7.9	29.0	24	640	250	180	60	13	320	7.4	22.0

注:所有样品均由宜昌地矿所测试。



空心圆为后太古代泥质岩平均(据 McLennan and Taylor, 1984), 当后太古代平均泥质岩与 B 岩组很接近时, 二者标在一起, 为实心圆

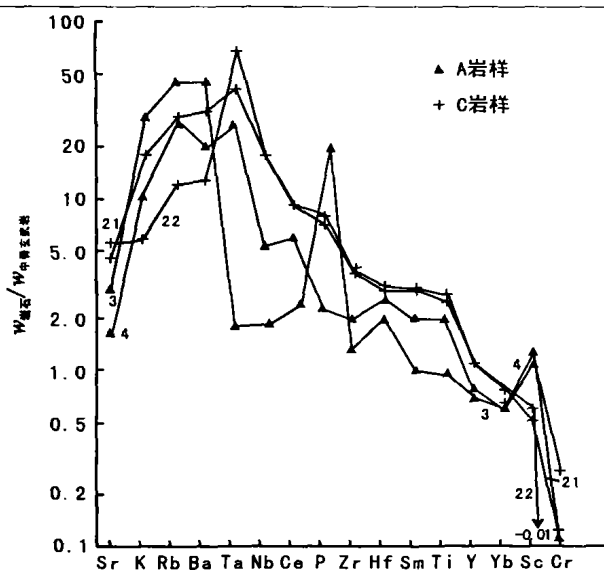
图 3 龙首山岩群 B、C 岩组泥质变质岩成分对比图

Fig.3 Comparison diagram of the pelitic metamorphic rocks in B, C formations of the Longshoushan Group

A 岩组和 C 岩组的变质基性岩均落于板内玄武岩区中。在洋中脊玄武岩标准化的变质基性岩微量元

素配分图解上具有左边不相容元素大隆起的曲线形态, 只有 Y、Yb、Sc、Cr 是相对于洋中脊玄武岩亏损的(图 4), 这是板内玄武岩的典型配分型式。说明这些变质基性岩具裂谷环境的地球化学特征, 区内变质基性岩是偏碱性的, 也支持这种结论。A 岩组中产有相当数量的中酸性变质火山岩, 说明当时已有相当厚的陆壳。变质沉积岩的地球化学特征表明, 物源区是经过沉积分异、地壳岩浆过程改造的物质, 也支持当时有相当厚度的陆壳, 即该裂谷是发育在相当厚的大陆壳之上的。A、B 岩组的变质碎屑岩中, 杂砂岩较多, 泥质岩中蒙脱石粘土丰富, 这些都说明沉积物堆积快, 沉积区处于构造活动期, C 岩组中出现较厚层的碳酸盐沉积, 到 D 岩组以较纯的碳酸盐为主, 说明当时处在一个构造活动较为稳定的沉积期。可见不同时期沉积环境的构造活动性是变化着的。

形成龙首山岩群初期, 深部岩石圈上隆, 造成上覆地壳拉伸减薄形成裂谷。与此同时, 上隆岩石圈发生低度熔融, 形成偏碱性的岩浆。这些岩浆与上部地壳发生不同程度的相互作用, 形成一系列裂谷



3~4-斜长角闪岩;21~22-黑云斜长角闪岩

图4 洋中脊玄武岩标准化的变质基性岩微量元素配分图

Fig.4 MORB-normalized trace elements distribution patterns for the metamorphic basic rocks

内的火山岩。这个裂谷从形成到消亡,构造活动性从强到弱,反映在沉积物上由较活动的沉积向较稳定的沉积转化,其中A岩组和B岩组沉积岩的堆积快,沉积分异差,而D岩组是稳定的碳酸盐沉积。

[参考文献]

- [1] 甘肃省地质矿产局. 甘肃省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1989.
- [2] 黄德征,等. 甘肃变质作用特征[A]. 董申保,沈其韩编. 中国变质地质图编制与研究论文集[C]. 北京:地质出版社,1988.
- [3] Gill J B. Orogenic Andesites and Plate Tectonics [M]. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1981.
- [4] Arth J G. Some trace elements in trondhjenites-their implications to magma genesis and paleotectonic setting[M]. New York: Elsevier Scientific Publishing Company Amsterdam-Oxford, 1979.
- [5] 王仁民,等. 变质岩原岩图解判别法[M]. 北京:地质出版社, 1987.
- [6] Kroner A, Hanson G N and Goodwin A M. Archean Geochemistry [M]. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1984.

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND THE TECTONIC SETTING OF THE LONGSHOUSHAN GROUP IN THE DONGDASHAN AREA, GANSU PROVINCE

HU Neng-gao

(School of Earth Sciences and Resources Management, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

Abstract: The Longshoushan Group of Paleoproterozoic age in the Dongdashaan district is a metamorphic terrane composed of metamorphic rocks of amphibolite facies. According to characteristics of rock combination, the group can be divided into four formations: the Formation A is mainly composed of gneiss and amphibolite intercalated with minor fels, marble and two-mica quartz schist; the Formation B mainly quartz schist and mica schist intercalated with quartzite, feldspar quartzite and thin marble; the Formation C mainly mica schist and quartz schist intercalated with amphibolite and marble; the Formation D mainly intermediate-thick marble intercalated with calcareous schist, mica schist and fels. The metamorphic rocks of Formation A mainly derived from volcanic rocks with minor sedimentary rocks. The protoliths of both Formation B and C are mainly greywacke-pelite, whereas the former has more intercalated beds of quartz sandstone than the later, and the later has intercalated beds of basic volcanics. The protolith of Formation D is mainly carbonate rocks.

The basic volcanics of Formations A and C is characterized by weak alkaline in composition, originated in an environment of rift inside plate. The metapelites in Formations B and C are close to the mean of post Archean pelites in petrochemistry, trace elements and REE. In contrast to Formation B, the metapelites of Formation C are richer in REE, smaller δ_{Eu} , larger $(La/Lu)_N$, lower in contents of Cr, Ni and Co, higher in contents of Rb, Ba, Hf, Nb and Ta, lower in contents of FeO, MgO, CaO and Na₂O, and higher in contents of P₂O₅, TiO₂ and K₂O. These characteristics of the protoliths of the Longshoushan Group indicate that the activity of the rift in the western part of the Northern China Platform varied from strong to weak with time from early to late.

Key words: Longshoushan Group; determination of parent rocks; tectonic setting; Gansu