

文章编号:1004-4116(2013)01-0024-0006

天水地区丹凤群中火山岩的地球化学特征及地质意义

张双悦

(甘肃省地矿局第一地勘院,甘肃 天水 741020)

摘 要:丹凤群分布于天水市南部,向东延入陕西凤县。通过原岩恢复,其下部层位的岩石以变玄武岩为主,夹安山岩、石英岩、大理岩,中部为变石英砂岩夹玄武岩、薄—微层状石英岩夹安山岩、英安岩,上部为玄武岩、玄武安山岩、安山岩、石英砂岩、大理岩夹流纹岩及硅质条带。火山岩为碱性—拉斑系列,锶同位素初始比值低,地球化学特征与岛弧玄武岩的地球化学模型相似。通过对丹凤群火山岩地质特征、岩石组合、岩石地球化学特征的综合分析,认为丹凤群的沉积环境,处于当时的秦岭古陆南侧的古大洋岛弧。

关键词:天水地区;丹凤群;火山岩地球化学特征;形成环境;岛弧

中图分类号:588.14

文献标识码:A

对于丹凤群的形成环境,已经有几代地质学家做了不断的研究。20 世纪 60 年代,陕西区调队通过 1:20 万区域地质调查,将西秦岭的大部分地层划归为海相沉积的泥盆系。80 年代末宋志高研究员与东秦岭地区对比后,在水天地区的北秦岭分解出丹凤群,认为丹凤群可能为后期构造作用形成的蛇绿岩块,相当于都城秋穗所划分的Ⅲ类岛弧形蛇绿岩^[1]。90 年代初,张维吉教授、孟宪恂高级工程师对甘肃的北秦岭在通渭—天水一带开展研究,认为丹凤群形成于陆内裂陷槽^[2]。之后完成的区域地质调查工作^①及梁自兴^[3]等均将丹凤群的形成环境归为大洋岛弧。近年完成的 1:25 万天水幅区域地质调查成果,将其划归为蛇绿岩套^②。本文从其中火山岩的地质特征、岩石组合、地球化学特征的分析认为,更倾向于岛弧环境。

1 区域地质概况

丹凤群呈 NW 向的带状展布,西自武山北部经天水市南的李子园,徽县—两当北部,向东延入陕西

凤县。其北侧高角度逆冲于秦岭杂岩之上,南部泥盆系舒家坝群大草滩组不整合其上,向东被陇山南端的加里东—华力西期构造岩浆带所截,向西被广厚的新生界所覆盖(图 1)。

天水一带的丹凤群北侧为秦岭杂岩,秦岭杂岩属太古代的深变质无序地体^[4],其南北两侧均由韧性剪切带与其它地层分隔,内部为由几条韧性剪切带切割的、具强烈糜棱岩化和混合岩化的长英质和铝质片麻岩、变粒岩、透镜状斜长角闪岩及大理岩^[5]组成。秦岭杂岩北侧为逆冲于秦岭杂岩之上的葫芦河群,其时代与丹凤群相当,为碎屑岩、钠长斑岩、细碧岩、石英角斑岩建造^[6],形成环境为拉张的海盆地。丹凤群南部为不整合其上的舒家坝群大草滩组,大草滩组为泥盆纪沉积的滨海碎屑岩建造。近年采矿过程中揭露出二者呈断层关系,舒家坝群大草滩组底部有底砾岩存在,表明舒家坝群不整合于丹凤群之上。

区域上岩浆活动强烈,从时间演化关系看,早古生代以前的岩浆活动以基—中基性火山喷发为主,形成秦岭杂岩及丹凤群火山岩建造,晚古生代以来

收稿日期:2012-12-25

作者简介:张双悦(1966~),男,工程师,毕业于成都理工学院地质矿产开发专业,现从事西秦岭地区矿产勘查开发管理与研究工作。

① 甘肃地矿局第一地质队,花庙幅、利桥幅 1:5 万区域地质调查联测报告,1994。

② 长安大学,天水幅 1:25 万区域地质调查报告,2004。

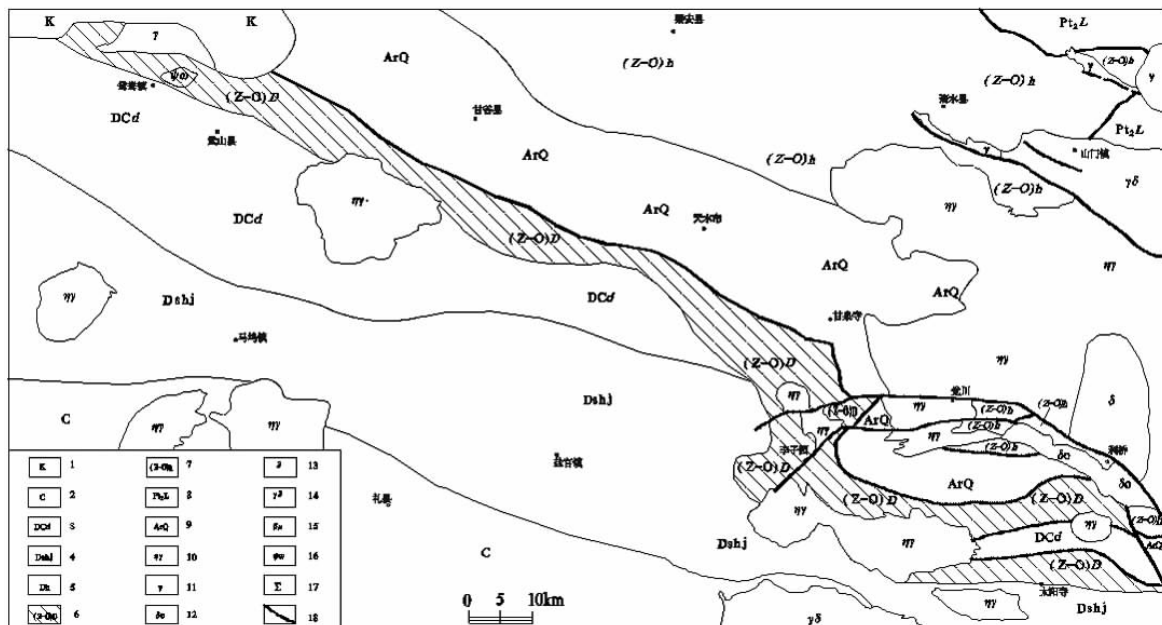


图1 甘肃天水市一带区域地质略图

Fig.1 The regional geology sketch of Tianshui area

- 1—白垩系;2—石炭系;3—泥盆系大草滩组;4—舒家坝群;5—黄家沟组;6—丹凤群;7—葫芦河组;
8—陇山群;9—秦岭杂岩;10—二长花岗岩11—花岗岩;12—石英闪长岩;13—闪长岩;
14—花岗闪长岩;15—辉绿岩;16—蛇纹岩;17—未分超基性岩;18—断层

的岩浆活动以中酸性侵入为主。加里东期的中酸性岩浆侵入集中于天水市—李子园一线以东,并在秦岭杂岩与丹凤群的接触带上形成了基性—超基性侵入岩带;至印支期开始向西扩展,岩浆性质以酸性为主。

2 丹凤群中火山岩地质特征

丹凤群下部层位的岩石为斜长角闪(片)岩、透镜状斜长角闪岩、绿泥绿帘片岩为主,夹石英岩、大理岩。中部为变石英砂岩夹斜长角闪片岩、薄—微层状石英岩夹绢云石英片岩、绢云(白云)石英片岩夹硅质条带。上部为二云片岩、绿帘阳起石英片岩夹硅质条带及石英砂岩透镜体、绿泥绢云石英片岩、薄—厚层大理岩夹绢云石英片岩及硅质条带。

通过原岩恢复,斜长角闪片岩、透镜状斜长角闪岩、绿泥绿帘片岩等基性岩的原岩以玄武岩为主,夹副长石岩和英安岩,绿帘阳起石英片岩、绿泥绢云石英片岩的原岩为中基性火山岩,绢云石英片岩原岩为酸性火山岩,二云石英片岩为杂砂岩—粘土岩^①。在多条剖面上见玄武岩(斜长角闪岩)呈透镜状的变余岩枕构造和变余角砾构造。

丹凤群中的火山岩以熔岩为主,夹火山碎屑岩。

熔岩有中基性、中酸性的。中基性熔岩有玄武岩、安山岩、安山玄武岩等,其中玄武岩占火山岩的50%,安山岩、安山玄武岩占火山岩的20%。岩石一般为块状构造、片状构造,有时可见气孔及杏仁构造,多数气孔或杏仁体直径小于8mm,充填物多为方解石,次为绿帘石集合体;熔岩局部残留有枕状构造,多数地段的岩枕被压扁拉长,在夏家坪北岩枕呈透镜状,已变质为斜长角闪岩,边部有数毫米宽的由细粒角闪石及绿帘石组成的冷凝边,长径50~130cm,短径20~60cm;关子镇附近的岩枕呈扇状,长径35cm,短径20cm。中酸性熔岩有英安岩、流纹岩等,灰—浅肉红色,多为变余斑状结构,片状构造,斑晶为钾长石和石英。

火山碎屑岩,包括火山集块岩、火山角砾岩和凝灰岩,以玄武质和安山质碎屑岩为主,英安质和流纹质碎屑岩次之。火山集块岩和火山角砾岩夹在中—基性熔岩中,有玄武质集块岩、角砾岩、安山质角砾岩等,集块和角砾具不同程度的压扁拉长,并被更细的火山碎屑物胶结。最大集块可达40cm×20cm×

① 据甘肃地矿局第一地质队,娘娘坝幅、甘泉寺幅1:5万区域地质调查报告,1993;花庙幅、利桥幅1:5万区域地质调查联测报告,1994;太白幅、太阳寺幅1:5万区域地质调查报告,1995。

10cm,受变形和变质作用改造,集块和角砾形态发生了变化,但轮廓还清楚可辩,凝灰质胶结物多变成阳起钠长片岩。凝灰岩夹在基性、中性和酸性熔岩中,有玄武质凝灰岩、安山质凝灰岩、英安质凝灰岩、流纹质凝灰岩等,多为变晶结构和变余凝灰结构,镜下可见棱角状晶屑。

上述岩石组合相互混杂分布,其基本层序已无法确立,但岩石组合显示出丹凤群火山岩以高铝玄武岩为主,共生有安山岩、英安岩、流纹岩等,伴生沉积岩有灰岩、含磁铁矿石英砂岩等。这个岩石组合,应该出现在大洋边缘的陆缘盆地,大地构造环境为火山弧。

3 火山岩岩石地球化学特征

3.1 常量元素特征

丹凤群中火山岩各种岩石的化学成分如表 1。
玄武岩中 SiO₂ 含量较高,平均 49.82%,全碱含量高,平均 4.03%,(K₂O+Na₂O)/(SiO₂-43) 比值有 54%的样品大于 0.37,有 46%的样品小于 0.37,平均为 0.38,显示出拉斑玄武岩和碱性玄武岩的过渡特征。从这两种岩石分布看,基本混杂分布在全区,总体上西部的碱性玄武岩含量相对高,东部的拉斑玄武岩含量相对高。同时岩石中 TiO₂、P₂O₅、CaO 含量

表1 丹凤群火山岩岩石化学成分表(单位:×10⁻²)
Tabel 1 The lithochemistry composition of the volcanic rock in Danfeng Group(10⁻²)

岩石名称		玄武岩															安山岩							
序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
SiO ₂	48.29	48.06	47.32	49.89	52.68	47.26	51.48	49.57	53.01	49.11	48.16	47.32	49.26	53.84	51.48	53.33	54.13	60.06	60.06	51.48	48.19	52.84	53.02	
TiO ₂	1.02	0.76	0.73	1.24	1.11	0.87	0.68	1.81	0.57	0.64	0.59	0.73	0.55	0.20	0.68	0.80	0.62	1.12	0.72	0.75	0.69	0.72	0.96	
Al ₂ O ₃	13.26	15.30	14.68	13.99	14.47	13.74	15.34	13.97	13.81	17.18	15.52	14.68	16.54	14.02	15.34	15.56	13.23	12.95	15.09	13.72	15.52	14.88	14.67	
Fe ₂ O ₃	1.90	5.36	1.63	7.07	2.07	2.13	2.69	1.74	1.38	4.56	3.34	1.63	4.23	2.04	2.69	2.56	2.84	1.72	1.35	2.93	3.34	2.12	1.44	
FeO	7.60	5.12	6.92	4.88	8.29	7.78	8.17	10.53	7.20	5.33	4.86	6.92	4.66	6.14	8.17	6.56	7.94	5.63	7.77	7.46	4.86	7.19	5.57	
MnO	0.22	0.19	0.13	0.225	0.25	0.14		0.19	0.17	0.18	0.14	0.13	0.28			0.19	0.20	0.196	0.149	0.169	0.170	0.163	0.108	
MgO	1.98	9.78	8.68	7.12	2.24	7.72	8.32	6.25	6.99	4.78	9.55	8.69	3.77	7.24	8.32	6.63	6.51	3.3	7.45	9.30	9.55	7.30	8.63	
CaO	10.06	10.99	10.29	9.80	11.38	11.76	7.52	10.28	9.31	7.73	12.38	10.29	8.86	9.15	7.52	8.27	9.34	8.28	10.36	9.62	12.38	10.11	5.16	
Na ₂ O	3.57	3.19	4.34	3.99	4.34	3.05	2.95	3.03	2.97	3.46	2.00	4.43	1.68	4.12	2.95	4.46	3.30	1.70	1.81	1.82	2.00	1.72	3.56	
K ₂ O	0.49	0.20	0.49	0.22	0.55	0.35	0.25	1.03	1.30	0.85	0.44	0.49	3.53	0.35	0.25	0.37	0.20	2.25	0.588	0.634	0.435	0.706	2.92	
P ₂ O ₅	0.09	0.10	0.09	0.21	0.10	0.07	0.08	0.15	0.23	0.19	0.03	0.09	0.28	0.04	0.11	0.24	0.08	0.44	0.06	0.07	0.05	0.08	0.13	
H ₂ O ⁺	1.97	0.56		0.84	0.90	0.92	1.00	0.90	2.22	3.82				0.54	1.00	0.94	0.88	0.92	0.82	1.08	0.30	0.82	3.32	
CO ₂	3.18	0.20		0.31	3.47	1.64		0.00	1.36	1.66						0.03	0.79	0.92	0.25	0.18	0.30	0.66	0.97	

岩石名称		安山岩										英安岩					安山玢岩			流纹岩				
序号	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45		
SiO ₂	51.20	50.44	51.00	54.84	53.33	54.43	54.80	56.83	56.29	53.93	56.83	61.39	62.69	59.00	65.03	64.08	67.18	54.96	54.34	75.73	74.75	70.54		
TiO ₂	1.02	1.36	0.89	0.20	0.80	0.62	0.62	0.76	0.47	1.72	0.76	0.56	0.67	0.18	0.69	0.78	0.28	0.75	0.75	0.05	0.37	0.23		
Al ₂ O ₃	14.30	17.27	13.29	14.04	15.56	12.23	16.48	11.69	16.51	13.69	11.69	15.57	16.35	8.92	25.60	13.18	15.01	14.34	15.05	12.67	8.07	13.27		
Fe ₂ O ₃	5.52	4.22	1.99	2.04	2.56	2.84	3.16	2.22	2.14	2.99	2.22	3.14	3.656	0.89	1.72	2.46	2.11	2.04	2.65	0.68	1.87	0.80		
FeO	6.82	5.37	7.65	6.14	6.56	7.94	5.07	9.05	6.64	9.83	9.05	2.74	4.21	1.88	2.38	2.80	3.14	6.71	4.87	1.55	1.49	3.11		
MnO	0.164	0.173	0.180		0.19	0.20	0.15	0.19	0.19	0.20	0.19	0.10	0.173	0.08	0.063	0.09	0.10	0.15	0.102	0.03	0.08	0.08		
MgO	7.35	5.89	8.78	7.24	6.63	6.51	5.10	6.99	4.31	6.15	6.99	2.53	2.16	2.19	0.85	3.09	4.89	7.24	5.53	1.43	1.85	1.34		
CaO	8.45	8.84	9.70	9.45	8.29	9.34	3.00	7.74	5.22	5.44	7.44	4.92	0.84	5.30	3.75	4.12	2.75	8.55	5.52	1.43	4.11	3.55		
Na ₂ O	3.74	2.51	3.56	4.12	1.46	3.3	6.85	3.25	3.60	4.17	3.25	3.86	2.01	0.42	3.35	2.22	3.29	2.00	3.60	3.72	2.02	4.33		
K ₂ O	0.313	1.23	0.20	0.35	0.37	0.20	0.25	0.13	1.22	0.30	0.13	3.15	3.08	1.89	5.51	5.75	0.46	0.937	0.280	2.42	1.24	1.05		
P ₂ O ₅	0.50	0.10	0.08	0.04	0.20	0.06	0.11	0.06	0.17	0.86	0.15	0.07	0.13	0.10	0.20	0.18	0.01	0.05	0.10	0.28	0.05	0.07		
H ₂ O ⁺	0.82	1.60	0.94	0.54	0.94	0.88	3.04	1.00		0.86	1.00	1.06	2.80		0.98	1.82	0.28	0.98	2.94	0.40				
CO ₂	0.41	0.28	1.54		0.03	0.79	1.56	0.11		0.00	0.11	0.25	0.917		0.70	1.62	0.10	0.49	2.40	0.11				

注:表中数据引自张维吉、孟宪恂等,祁连—北秦岭接合部位造山过程及成矿特征报告,测试机构为地质矿产部宜昌地化所,1992~1994。

低, K_2O 、全铁含量高, 这显著区别于洋脊玄武岩, 而类似于岛弧玄武岩特征。

安山岩中 SiO_2 含量为 48.19%~56.83%, 平均 54.20%, 碱质含量低, 全碱为 1.83%~7.01%, 平均 3.76%, 铝质含量较高, 为 12.23%~15.57%, 平均 14.30%。英安岩的化学成分变化大, 其中 SiO_2 含量为 59%~65.03%, 平均 62.7%, 碱质含量高, 全碱为 2.31%~8.86%, 平均 6.06%, 铝质含量为 8.92%~25.6%, 平均 16.01%。流纹岩的成分相对稳定, 其中 SiO_2 含量为 72.65%左右, 全碱为 4.33%左右, 铝质含量为 8.07%~13.27%, 平均 10.67%。安山玢岩的成分相对稳定, SiO_2 含量为 54.65%左右, 全碱为 3.41%左右, 铝质含量为 14.7%左右。

丹凤群火山岩中主要化学成分显示出岛弧火山岩岩石化学的特征。

3.2 微量元素特征

丹凤群中变质玄武岩中的微量元素含量如表 2。

玄武岩中 K、Rb、Ba、Th 含量大于 N 型洋中脊拉斑玄武岩中的含量, 而 Zr、Sm、Ti、Y、Yb、Sc 略低于 N 型 MORB 中的含量 (N 型 MORB 元素含量为 Sr 20、 K_2O 0.15%、Rb 2、Ba 20、Th 0.2、Ta 0.18、Nb 3.5、Ce 10.0、P 0.12%、Zr 90、Hf 24、Sm 3.3、 TiO_2 1.5%、Y 30、Yb 3.4、Sc 40、Cr 250, 未注明者单位均为 $\times 10^{-6}$), 这与岛弧玄武岩和大陆裂谷玄武岩的地

球化学模型相似(图 2), 而与洋中脊玄武岩地球化学模型差别比较明显。

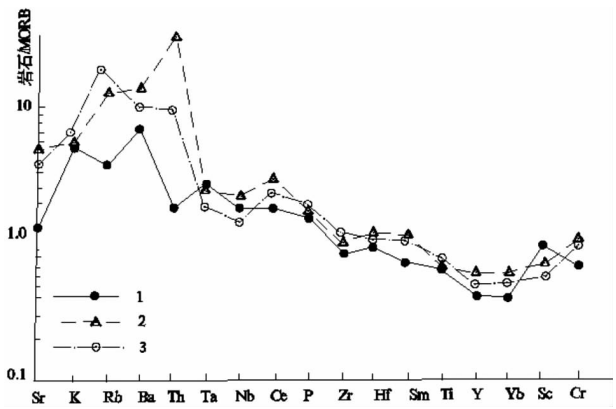


图2 丹凤群中玄武岩微量元素以 N 型洋中脊为标准的蛛网图

Fig.2 Trace elements distribution of of metabasalt in Danfeng Group, standardized by N-type mid-ocean ridge basalt(MORB)
1—丹凤群玄武岩平均值;2—智利火山弧型玄武岩;
3—格林拉达岛过渡型玄武岩

3.3 稀土元素特征

丹凤群中变质火山岩中的稀土元素含量如表 3。各岩石中稀土总量中等, 玄武岩 $\Sigma REE=54.93\sim 69.4\times 10^{-6}$, 介于板内玄武岩与岛弧玄武岩之间, 比正常洋中脊玄武岩(N 型 MORB)高; 安山岩 $\Sigma REE=$

表2 丹凤群火山微量元素含量表(单位: $\times 10^{-6}$)

Tabel 2 The trace element content of the volcanic rock in Danfeng Group(10^{-6})

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Zr	78	175	220	91	85	33	86	148	97	43	70	55	88	52
Hf	3.9	8.9	8.4	5.0	5.1	1.0	5.6	4.0	2.3	1.0	2.9	202	3.4	1.5
Nb	4.6	2.9	12.8	3.6	3.8	3.0	5.2	9.3	8.2	8.0	4.6	7.2	4.4	3.5
Ta	0.4	0.4	1.6	0.4	0.4	0.4	0.4	1.0	0.8	0.4	0.4	0.6	0.4	0.4
Co	32	19	16	29	37	34	33	28	41	26	39.6	35.8	19.4	37
Ni	46	97	57	20	90	158	13	268	81	22	99	97	57	245
Cr	528	438	280	572	615	956	548	362	77	87	106	218	84	623
Rb	57	94	68	17	33	12	51	47	1	10	3.5	12	128	4
Sr	96	340					72	135	120	250	116	195	134	142
Ba	240	650	620	141	116	61	171	6.6	54	410	64	165	725	34
V	171	120	118	200	187	170	185	102	255	290	246	280	136	220
Sc	37	16.5	16	37.5	37.5	38	37	21.5	44	38.5	42	42	20	47
Pb	6	1					13	18	0	7	7	17	28	2
U	2.2	1.8					2.3	0.7	0.5	2.1	0.02	0.00	1.19	2.5
Th	8.8	10.7					6.3	6.5	3	4.2	3.4	2.6	15.8	3.3

注:表中数据引自张维吉、孟宪恂等,祁连—北秦岭接合部位造山过程及成矿特征报告,测试单位为地质矿产部宜昌地化所,1992~1994。

表3 李子园群火山岩稀土元素丰度(单位:×10⁻⁶)

Tabel 3 The rare-earth element abundance of the volcanic rock in Liziyuan Group(10⁻⁶)

元素	安山玢岩			玄武岩													英安岩
序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
La	17.9	27.4	36.2	10.1	9.94	5.58	13.30	27.40	10.80	7.04	6.15	4.70	47.00	12.60	7.80	8.40	61.00
Ce	29.4	47.6	62.2	19.4	18.1	10.1	23.8	47.5	22.90	13.10	13.00	12.00	84.00	21.90	17.00	22.00	110.00
Pr	4.27	5.44	7.55	2.94	3.13	1.73	2.96	5.34	2.98	1.81	1.70	1.45	8.80	3.23	2.25	3.10	14.30
Nd	13.80	22.10	33.20	11.30	9.87	6.04	14.10	24.30	15.10	8.30	8.30	7.80	35.00	15.80	8.80	11.00	43.00
Sm	3.72	4.24	6.45	2.69	2.74	1.66	2.93	4.56	3.07	1.65	2.03	2.30	7.00	3.26	2.50	3.20	7.40
Eu	0.696	0.970	1.210	0.720	0.593	0.468	0.685	1.110	0.986	0.569	0.74	0.90	1.25	0.875	1.00	1.23	1.55
Gd	2.69	3.07	5.35	2.68	2.39	1.66	2.68	3.54	3.13	1.85	2.23	2.90	5.80	2.76	2.70	3.90	5.80
Tb	0.500	0.560	0.907	0.490	0.430	0.300	0.499	0.628	0.543	0.304	0.39	0.51	0.86	0.466	0.50	0.72	0.91
Dy	3.130	2.870	5.580	3.350	2.930	1.970	3.670	3.590	3.75	2.26	2.58	3.80	5.44	3.20	3.60	5.50	5.30
Ho	0.638	0.570	1.050	0.720	0.656	0.421	0.645	0.617	0.72	0.475	0.48	0.71	0.92	0.673	0.68	1.08	0.98
Er	2.04	1.78	3.18	2.39	1.93	1.30	2.07	1.66	2.10	1.53	1.34	1.89	2.58	2.11	1.85	3.10	2.70
Tm	0.303	0.280	0.382	0.365	0.286	0.175	0.289	0.220	0.282	0.23	0.21	0.29	0.33	0.298	0.28	0.41	0.37
Yb	2.00	1.78	2.50	2.04	1.73	1.04	1.55	1.29	1.55	1.26	1.31	1.75	2.20	1.76	1.68	2.40	2.16
Lu	0.292	0.235	0.389	0.271	0.195	0.159	0.207	0.151	0.206	0.134	0.15	0.21	0.32	0.23	0.24	0.37	0.33
Y	16.9	14.9	24.3	16.4	14.2	10.3	15.7	12.5	16.10	11.00	11.00	15.00	22.00	15.00	15.00	23.00	21.00

注:表中数据引自张维吉、孟宪恂等,祁连—北秦岭接合部位造山过程及成矿特征,测试单位为地质矿产部宜昌地化所,1992~1994。

81.33~166.15×10⁻⁶;英安岩—流纹岩的ΣREE=255.8×10⁻⁶。所有岩石均为轻稀土略富集型,玄武岩的La/Lu标准化比值为2.32~6.58,安山岩La/Lu标准化比值为6.27~11.94,英安岩La/Lu标准化比值为18.87。稀土总量和轻重稀土分馏程度等特征揭示出丹凤群中的火山岩,与亏损轻稀土和低稀土总量的洋中脊玄武岩差别较大,与洋岛火山岩、岛弧火山岩和板内火山岩稀土特征有类似(图3)。

3.4 铈同位素特征

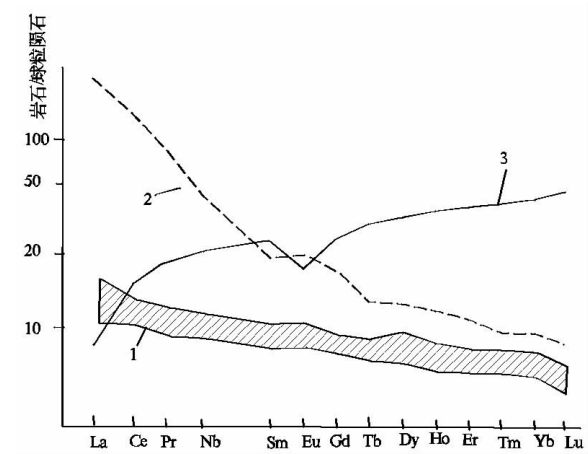


图3 丹凤群玄武岩中稀土元素分布模式图

Fig.3 REE distribution pattern of metabasalt in Danfeng Group
1—丹凤群玄武岩;2—N型洋中脊玄武岩;3—E型洋中脊玄武岩

丹凤群玄武岩铈同位素初始比⁸⁷Sr/⁸⁶Sr为0.704 92~0.710 54(表4),平均为0.707 29。这个比值比现代大洋玄武岩和岛弧玄武岩的Sr同位数初比(0.701 2)高,比大陆玄武岩的Sr同位素初始比(0.712)略低,反映了幔源玄武岩岩浆遭受过地壳物质的混染,具有岛弧岩石的性质。

表4 丹凤群玄武岩Rb—Sr同位素测试成果表

Tabel 4 The Rb—Sr isotope test result of the basalt in Danfeng Group

样号	Rb(×10 ⁻⁹)	Sr(×10 ⁻⁹)	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr
TW1/5	27.617	194.32	0.409 86	0.710 54
TW2/5	2.370 6	102.04	0.066 97	0.706 11
TW3/5	1.465 3	114.37	0.036 93	0.704 92
TW4/5	22.652	222.92	0.292 96	0.707 60

注:表中数据引自花庙子幅、利桥幅1:5万区域地质调查联测报告,测试单位为地质矿产部宜昌地化所,1992。

4 讨论

(1)蛇绿岩套依据不足

虽然丹凤群中蕴含有大量的基性熔岩,局部也见到基性脉岩侵入,但就这点将其划入蛇绿岩套依据不足,其中缺少关键性的深海沉积证据—放射虫硅质岩。丹凤群中也确实有两种硅质岩存在,其一是夹于中性火山岩中的硅质条带,另一种是磁铁石英

岩。前者是火山热液中的硅质发生胶体化学沉淀形成的,与中酸性火山岩伴生,其环境应为浅海陆缘;而后的初始形成环境可能也包括深海^[9],但它和石英砂岩、中酸性火山岩、碳酸盐岩共生,其环境肯定是浅海。从丹凤群建造本身分析,其形成于陆缘环境。

(2)基性脉岩赋存特征

区域上的基性脉岩也不是唯一赋存在丹凤群中的,在丹凤群与秦岭杂岩的接触带上,分布有大量的规模不等的辉绿岩、蛇纹岩、蛇纹橄榄岩、辉橄岩、角闪石等铁镁质岩脉,有的分布在丹凤群中,有的侵入于秦岭杂岩中,甚至还有侵入在附近的闪长岩体中的,这些脉岩都受不同序次的断裂控制。很显然,这是后期构造作用造成的,而不是与丹凤群中的火山岩同期的次火山岩岩墙。

(3)火山岩组合特征

丹凤群变火山岩呈带状分布,与碎屑岩、碳酸盐相伴产出,显示出其浅海沉积的特征。火山岩岩浆性质有玄武岩、安山岩、英安岩、流纹岩,并以玄武岩、安山岩为主,显示出由基性向酸性演化的特征,这是大洋火山岩所不具有的。

(4)火山岩地球化学特征

丹凤群的火山岩具碱性—拉斑系列的特征,玄武岩中不仅 TiO_2 含量低,而且 P_2O_5 、 CaO 含量也低, K_2O 、全铁含量高。这区别于洋脊玄武岩中 K_2O 、 TiO_2 、全铁和 P_2O_5 低含量, CaO 高含量的特点,而反映的是大洋岛弧玄武岩特点。大洋岛弧玄武岩是俯冲洋壳进入 80~100km 深处,由于水的混入而引起部分熔融,形成拉斑玄武岩浆,派生出岛弧拉斑系列的主要岩石类型—玄武安山岩。显然,这种岩浆既继承了洋脊拉斑玄武岩浆的特点,又由于陆壳的混入而区别于洋脊玄武岩。

被地质学用以区别地幔物质和地壳物质的锆同位素比值,在本群玄武岩中显示出幔源玄武岩岩浆被改造的特点,这是以地幔物质为主的洋壳俯冲在陆壳下,重熔的过程中混入陆壳的结果。岛弧就为洋壳和陆壳的混合提供了环境,所以,这一特点也反映出该群火山岩形成于岛弧的特点。

5 结论

从天水地区的丹凤群所处的地质构造环境、丹凤群的建造特征、火山岩地球化学特征出发,证实本区丹凤群形成于大洋岛弧环境。其主要依据是:

(1)丹凤群岩石组合为以高铝玄武岩为主,共生有安山岩、英安岩、流纹岩等,伴生沉积岩有灰岩、含磁铁矿石英砂岩等,这是大洋火山岩所不具有的。

(2)火山岩岩石地球化学特征反映出,丹凤群中的玄武岩低 TiO_2 、 P_2O_5 、 CaO ,高 K_2O 、全铁,为俯冲洋壳部分熔融形成的。

(3)丹凤群中的基性脉岩后期构造作用的产物,不是与丹凤群中玄武岩同期的次火山岩岩墙。

(4)丹凤群中缺少放射虫硅质岩这种远洋深海沉积的证据。

参 考 文 献

- [1] 宋志高,贾群子,等.北秦岭—北祁连(天水—宝鸡)间早古生代火山岩系及其构造连接关系研究[C].中国地质科学院西安地质矿产研究所文集(34).西安:中国地质科学院西安地质矿产研究所,1991.
- [2] 张维吉,孟宪恂,等.祁连—北秦岭接合部位造山过程及成矿特征[M].西安:西北大学出版社,1996.
- [3] 梁自兴.甘肃天水地区丹凤群变质火山岩地质地球化学特征及其构造环境研究[J].甘肃地质学报,1994,(1):71-78.
- [4] 杨雨,范国琳,等.甘肃省岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1997.
- [5] 肖思云,张维吉,等.北秦岭变质地层[M].西安:西北大学出版社,1988.
- [6] 杨忠明,孟宪恂.再论祁连—北秦岭接合部位晚古生代前地层划分[J].甘肃地质,2002,(2):1-4.
- [7] 裴先治,等.西秦岭天水地区李子园群变质火山岩的地球化学特征及其地质意义[J].大地构造与成矿学,2006,30(2):193-205.
- [8] 丁振举,姚书振,等.碧口地块磁铁矿石英岩元素地球化学特征及铜矿成因[J].矿床地质,2002,(21):376-379.
- [9] 冯本智,杨天奇,等.陕西南秦岭鱼洞子式含铁建造特征及其中磁铁矿石英岩成因的初步研究[J].地质论评,1980,(5):35-45.

(下转第 35 页)

GEOCHEMICAL CHARACTERISTIC AND GEOLOGICAL SIGNIFICANCE OF THE VOLCANIC ROCK IN DANFENG GROUP OF TIANSHUI AREA,GANSU PROVINCE

ZHANG Shuang-yue

(No.1 Geology and Mineral Exploration Team, Gansu Provincial Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Tianshui 741020, China)

Abstract: Danfeng Group exists in the southern Tianshui area, extends eastwards into Fengxian County of Shaanxi Province. Based on the restoration of original rock in Danfeng Group, it is known that the Lower rock layer mainly consists of meta-basalt with andesite, quartzite and marble, the Middle rock layer consists of quartz sandstone with basalt, thin-microlayer bedded quartz sandstone with andesite and quartz andesite, the Upper rock layer consists of basalt, andesibasalt, rhyolite with siliceous banding and quartz sandstone, and marble with rhyolite and siliceous banding. The volcanic rock belongs to alkalic-tholeiitic series with low initial ratio of Sr isotope, its geochemical characteristic is similar to the geochemical model of the island arc basalt and the continental rift basalt. According to the combining analysis of geologic feature, rock association feature and geochemical feature of the volcanic rock in Danfeng, the formation of Danfeng Group mainly deposits in the contact place of the Qinling ancient land and the ancient ocean which lies in south Qinling ancient land, and is caused by the ancient ocean subduction to the Qinling ancient land.

Key words: volcanic rock; formation environment; island arc; Danfeng Group; Tianshui area