

南秦岭地区存在两种不同构造属性的耀岭河群

苏春乾^{1,2}, 胡建民³, 李 勇^{1,2}, 刘继庆¹

(1. 长安大学 地球科学与国土资源学院, 陕西 西安 710054; 2. 国土资源部 成矿作用及其动力学开放研究实验室, 陕西 西安 710054; 3. 中国地质科学院 地质力学研究所 北京 100081)

摘 要: 广泛分布于南秦岭构造带的耀岭河群变质火山岩对南秦岭构造带的属性, 乃至整个秦岭造山带的演化起着十分重要的作用。通过对湖北两郢、陕西商南、镇安和安康凤凰山等地区耀岭河群变质岩石组合、原岩组合、岩石化学和稀土、微量元素等方面的研究表明, 在不同地区耀岭河群具有不同的岩石组合、岩石化学和地球化学特征, 安康-武当地区中部的耀岭河群为板内拉斑玄武岩-偏碱性玄武岩组合, 形成于板内拉张-裂谷环境, 而商南耀岭河、镇安和安康凤凰山等地区的耀岭河群则为钙碱性玄武岩-岛弧拉斑玄武岩组合, 形成于会聚板块边缘-岛弧构造背景, 进一步证实南秦岭地区在6.5~8亿年期间存在两种不同的构造体制。

关键词: 南秦岭; 耀岭河群; 构造属性; 板内拉斑玄武岩; 钙碱性玄武岩系列

中图分类号: P534.3; P588.14; P542+.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2006)04-0287-12

The existence of two different tectonic attributes in Yaolinghe Group in South Qinling region

SU Chun-qian^{1,2}, HU Jian-min³, LI Yong^{1,2} and LIU Ji-qing¹

(1. Earth Science and Territory Resources College, Chang'an University, Xi'an 710054, China; 2. Open Lab of Ore Formation & Dynamics, Ministry of Land and Resources, Xi'an 710054, China; 3. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: The study of metamorphic volcanic rocks of Yaolinghe Group widely distributed in South Qinling tectonic belt is very important in determining the attribute of South Qinling tectonic belt and even the evolution process of the whole Qinling orogenic belt. Results of this study show that Yaolinghe Group possesses different rock assemblages. This conclusion is based on petrochemical and geochemical characteristics in different areas obtained from exploration of metamorphite assemblages and initial rocks as well as analyses of petrochemical components, rare earth and trace elements in Yunxian-Yunxi (Hubei), Shangnan (Shaanxi), Zhen'an, Fenghuangshan, Ankang and other areas. Studies of metavolcanite obviously show that Yaolinghe Group in the center of Ankang-Wudang area is an intraplate tholeiite-partial alkali basalt group formed in a pull-apart intraplate (rift basin) tectonic setting, whereas Yaolinghe Group in Shangnan, Zhen'an and Fenghuangshan areas are of calcalkali basalt-island arc tholeiite series formed on the edge of the convergent plate-island arc. There must have existed two tectonic regimes in South Qinling region in the period of 650~800 Ma.

Key words: South Qinling; Yaolinghe Group; tectonic attribute; intraplate tholeiite; calc-alkali basalt series

收稿日期: 2005-02-28; 修订日期: 2006-04-12

基金项目: 国家科技部项目(96-914-01-04); 东秦岭地质走廊研究——师子坪等5幅1:5万区域地质调查资助项目

作者简介: 苏春乾(1960-), 男, 副教授, 从事区域地质调查和沉积盆地方面的教学和研究, E-mail: chunqian@pub.xaonline.com。

位于秦-祁-昆中央造山带东段南秦岭地区的耀岭河群一直是研究秦岭造山带的热点地层单元之一。自从陕西秦岭区测队1961年在陕西商南耀岭河流域首次建立耀岭河群以来,使用范围不断扩展,目前已广泛使用于鄂、陕、川交界区域的南秦岭造山带的青白口-震旦系变质火山岩地层。近年来,对耀岭河群的研究不断深入,积累了丰富的资料,但认识和观点各异,尤其表现在一些基础性资料方面,如对岩石组合就有浅变质基性火山岩^①(赵银胜,1997;凌文黎等,2002b)、以基性火山岩为主、酸性火山岩次之的变质火山-沉积岩^②(张成立等,1999;凌文黎等,2002a)、双峰式火山岩(钱青等,1999;徐学义等,2000)和以基性-中基性火山岩、火山碎屑岩为主,上部夹浅变质正常沉积岩(齐文等,2002)等多种认识,因而导致对耀岭河群形成构造背景的认识分歧更大。目前的主要认识有大陆裂谷玄武岩(夏林圻,1996;胡建民等,1998,2000,2002;周鼎武等,1998;张成立等,1999;徐学义等,2000;张国伟等,2001;凌文黎等,2002a)、大陆拉斑玄武岩(董云鹏等,2002)、弧后盆地拉斑玄武岩(齐文等,2002b)和岛弧玄武岩(凌文黎等,2002b)。鉴于上述研究中出现的问题,结合作者多年来在该地区的工作成果,认为人们广泛使用的耀岭河群其实在不同地区具有不同的岩石组合和构造属性。

1 区域地质背景

众所周知,中国中央造山带的主要组成之一——秦岭造山带是近东西向展布的,但其南部边界(南秦岭南界)在经过陕西洋县以东的石泉附近时却突然转向南北向,经陕西镇巴县、四川城口县向东途经湖北房县和襄樊与大别造山带相接,这就是巴山巨型弧形构造带(张国伟等,2001)。弧形构造带之南即为扬子板块,而商丹断裂带却仍然呈近东西向展布,这两条大型构造带之间的地区即为秦岭构造带东段的南秦岭构造带。此地区的南秦岭构造带平面形态上呈一个大矩形(图1),有别于造山带的长条形形态,其核心部分前人称之为武当地块(周鼎武等,1998;胡建民等,2000,2002)。

在安康-武当地区,有两种地质体较为明显,其

一是以武当山群为核心,耀岭河群及震旦-奥陶系为边缘的穹隆构造,其中最大的穹隆构造为武当山穹隆,较大的还有平利穹隆、凤凰山穹隆、赵川穹隆等;其二是以陡岭岩群(有些为太古-早元古界杂岩)为底,以震旦系为顶的断块、断条状耀岭河群。这两类耀岭河群的产状暗示了一种自然的区别。

在武当山地区,耀岭河群夹持于武当山岩群与扬子型碳酸盐岩盖层之间,上、下接触关系均为滑脱面。在商南和镇安地区,下与陡岭岩群(或太古-元古界杂岩)为断层接触关系,上与不同地层单元也为断层接触关系。

在武当穹隆附近、围绕在耀岭河群之外的盖层地层一般由震旦系-奥陶系组成,而在远离穹隆的地区,一般由奥陶-志留-石炭系组成。南秦岭北缘地区的地层主要由泥盆系组成,一般都呈近东西方向的长条状分布,局部有石炭系出露。而与耀岭河群伴随的震旦-奥陶系均呈小的断块状分布,断块之间的地层大多为断层接触关系。

2 剖面及岩石组合

1956~1958年,陕西秦岭区测队在进行1:20万商南幅区域地质调查时,将分布于商南县耀岭河流域的不整合于震旦系灯影组之下的一套变火山岩命名为耀岭河群,在1961年出版的正式报告中将其描述为“一套变质的喷发岩——绿色片岩系所组成”,但由于当时未测制地层剖面,并未做地层单元的岩石化学工作,只是根据路线描述做了上述定义,这就给后来的区域地质调查工作带来了影响,使“绿色片岩”耀岭河群扩大到了整个南秦岭地区,人们认为耀岭河群就是“绿色片岩”。1990年,笔者在耀岭河流域进行1:5万区域地质调查时,在原命名地区实测了耀岭河群的剖面,并做了系统的岩石化学等工作,发现耀岭河群并非全是“绿色片岩”。实际上,命名地的耀岭河群是一套变质的基-中-酸性火山岩和变质沉积岩(岩石组合见下述)。由于不同研究者所研究的地区不同,因而对耀岭河群的岩石组合认定有差异,所以有必要列举一些耀岭河群的典型剖面,讨论其岩石组合特征,这有利于全面理解南秦岭地区的耀岭河群。

据笔者多年的研究和众多文献资料^{①②}(夏林圻,

① 湖北省地矿局地调院。1996。武当山镇等7幅1:5万区域地质调查报告。

② 西安地质学院。1996。师子坪等5幅1:5万区域地质调查报告。

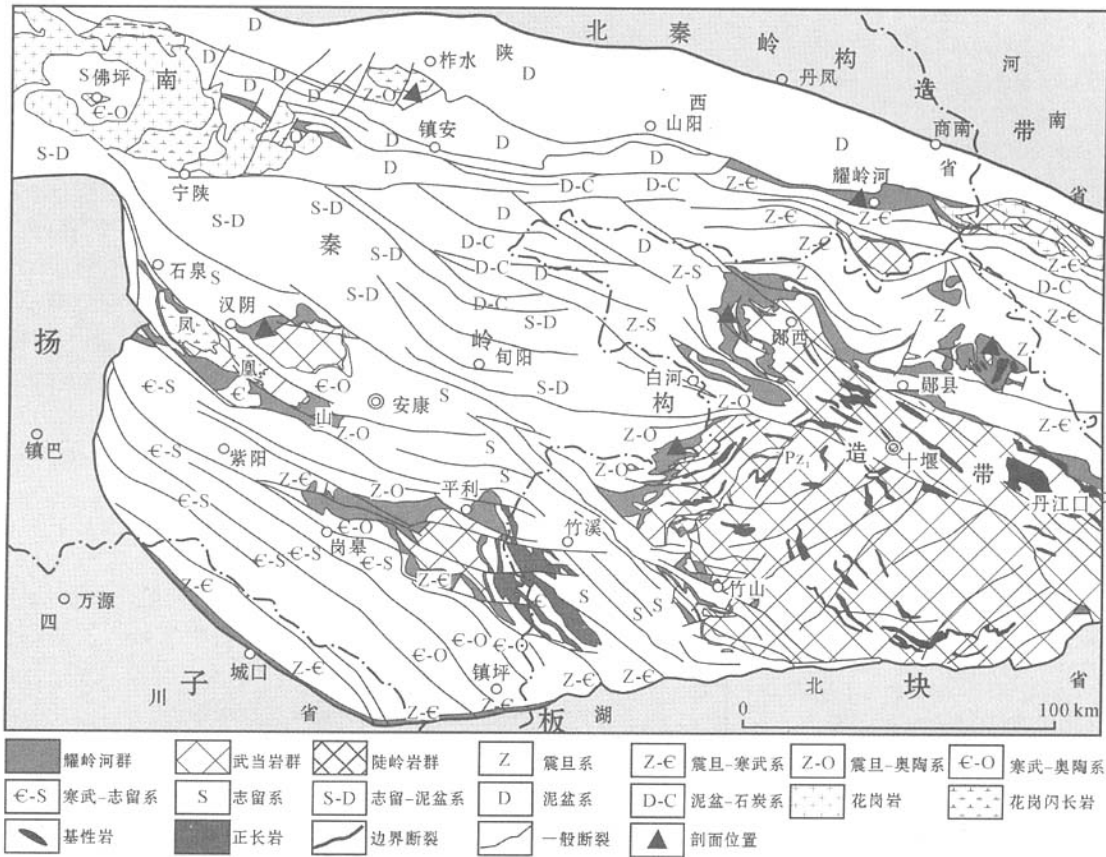


图1 南秦岭耀岭河群分布区域地质简图

Fig. 1 Regional geological sketch map of Yaolinghe Group distribution area in South Qinling

1996; 赵银胜, 1997; 凌文黎等, 2002a, 2002b) 的介绍, 在武当穹隆及其周边地区的耀岭河群在剖面地层单元划分、岩石组合方面基本相似, 可以郧县白桑剖面为例。南秦岭北缘的耀岭河群, 可以耀岭河群的创建地商南耀岭河流域的剖面为例。这两个剖面基本反映了不同地区耀岭河群的剖面结构和岩石组合特征。

2.1 商南耀岭河流域的剖面及岩石组合

剖面位于陕西省商南县耀岭河乡一三官庙乡一带。地层呈东西向带状延伸, 向西经山阳县中村到达镇安县石嘴子、东山一带, 其间断续出露。经笔者的区域地质调查工作^①, 将其分为上、中、下3个岩性段, 剖面如下:

“九里坪组”黑云微片岩

———断层———

上段(Qny³)(长蛇沟耀岭河群上段实测剖面: 1253 m):

- 1. 浅灰色变余长英质糜棱岩、绿泥钠长碎裂岩夹绿色钠长绿泥片岩 44.4 m
- 2. 浅灰色绿色绿泥钠长碎裂岩 32.9 m
- 3. 暗灰绿色绿泥阳起片岩夹浅灰岩, 夹1层3 m宽的灰绿色斜长角闪岩(脉) 165.0 m
- 4. 灰黑色钙质千枚岩 91.6 m
- 5. 灰黑、浅灰绿色绿泥绢云石英千枚岩 19.5 m
- 6. 灰黑色碳质绢云千枚岩、绢云绿泥千枚岩 9.8 m
- 7. 灰黑色绢云绿泥千枚岩 7.1 m
- 8. 灰黑色碳质绢云千枚岩与绢云绿泥千枚岩互层 28.1 m
- 9. 灰黑色碳质绢云石英千枚岩夹绢云绿泥千枚岩 32.7 m
- 10. 灰黑色碳质绢云石英千枚岩, 绢云绿泥千枚岩 14.3 m
- 11. 灰黑色碳质绢云千枚岩与灰绿色绢云绿泥千枚岩互层 70.3 m

① 西安地质学院. 1996. 师子坪等5幅1:5万区域地质调查报告.

12. 灰绿色绢云绿泥千枚岩	14.6 m
13. 灰黑色碳质绢云石英千枚岩	14.0 m
14. 灰黑色碳质绢云石英千枚岩(间隔性夹有石英脉)	62.8 m
15. 灰-灰黑色碳质绢云石英千枚岩	69.3 m
16. 灰-灰绿色糜棱岩化钠长绿泥片岩夹灰黑色碳质绢云石英千枚岩	63.4 m
17. 灰黑色碳质绢云石英千枚岩	137.0 m
18. 灰色钙质绢云绿泥石英千枚岩	49.1 m
19. 灰黑色碳质绢云石英千枚岩	3.5 m
20. 灰黑色碳质绢云石英千枚岩夹灰绿色绢云绿泥千枚岩	182.4 m
21. 灰绿色绢云绿泥千枚岩夹灰黑色黑云绿泥片岩	141.6 m
中段(Q _{Ny2})(太白岩-涧水沟剖面):	
1. 灰黄-浅灰绿色糜棱岩化云绿泥钠长片岩	34.7 m
2. 浅灰黄色绢云绿泥钠长片岩片理纹层发生强烈褶皱变形	210 m
3. 浅灰绿色绿泥钠长片岩, 间夹灰绿色钠长绿泥片岩	263.5 m
4. 灰白色绢云石英钠长片岩, 夹绿泥钠长片岩	183.5 m
5. 浅灰绿色绿泥钠长片岩夹灰绿色钠长绿泥片岩	173.2 m
6. 浅灰-灰白色绢云钠长石英片岩	73.7 m
7. 灰褐-灰白色硅质岩, 夹1~2层透镜状锰矿层	98.7 m
8. 浅灰绿-灰白色绢云钠长石英片岩夹灰黑色碳质千枚岩	40 m
9. 灰绿、灰黄色绢云绿泥钠长片岩	110 m
10. 暗灰绿、灰绿色绢云绿泥片岩夹灰黄色绢云石英钠长片岩	12.7 m
11. 灰白-灰黄色强片理化绢云石英钠长片岩, 片理薄如纸页	27 m
12. 强片理化灰色碳质千枚岩与灰黄色绢云石英钠长片岩互层	33.2 m
13. 灰白色薄层状细晶大理岩夹灰绿色绿泥钠长片岩	2 m
14. 浅灰黄-灰绿色绢云绿泥钠长片岩, 夹少量绢云钠长片岩, 偶夹灰黑色碳质千枚岩	75.5 m
下段(Q _{Ny1})(位于耀岭河街以西的太白岩-杨树沟剖面):	
15. 灰色薄层大理岩与钙质片岩互层	74 m
16. 灰-灰绿色绿泥钠长片岩、条纹状角闪斜长片岩, 穿插有灰白色闪长岩脉	110 m
17. 灰绿色绿泥钠长片岩、钠长绿泥片岩为主穿插有辉绿岩脉	300 m
18. 灰-灰绿色钠长绿泥片岩, 穿插有片理化闪长岩脉	100 m

----- 剪切带 -----

下伏地层: 陡岭岩群斜长角闪片岩

由以上剖面可以看出, 命名地点的耀岭河群分为3段: 上段以灰-灰黑色碳质绢云千枚岩为主, 夹有灰绿色钠长绿泥片岩、绿泥阳起片岩和少量糜棱岩化大理岩; 中段由灰-灰绿色绿帘绿泥片岩、钠长绿泥片岩→灰绿色绿泥钠长片岩、绿帘绿泥钠长片岩→浅灰绿色绢云绿泥钠长片岩、绢云石英钠长片岩组成的岩性韵律层的反复叠置, 并夹有多层绢云石英片岩及大理岩薄层; 下段以灰绿色绿泥钠长片岩、钠长绿泥片岩为主, 顶部夹灰白色大理岩薄层。在中、上段大理岩层及碳质千枚岩中产微古植物化石: *Asperatopsophosphaera umishanensis* Sin et Liu、*Trachysphaeridium incrassatum* Sin、*Lophosphaeridium* sp. 等, 时代为青白口纪。

岩相学研究表明, 上段变质岩石的原岩以碳质泥岩为主, 夹少量基性火山岩和白云质灰岩; 中段为玄武岩→玄武安山岩→安山岩→流纹岩组成的韵律层, 夹有泥质粉砂岩和灰岩薄层; 下段以玄武岩为主, 顶部为白云质灰岩。

2.2 两郎地区的剖面及岩石组合

分布于武当山-两郎巨型穹隆侧翼的耀岭河群岩石组合变化不大, 以郧县白桑附近的剖面作为其代表。该剖面上耀岭河群由两个岩段组成, 即上部绿色片岩岩段和下部黑硬绿泥石片岩岩段, 剖面描述如下:

上覆地层: 陡山沱组绢云石英片岩

----- 断层 -----

绿色片岩段(558.7 m)

1. 灰绿色薄-中层状细粒绿泥绿帘阳起片岩	59 m
2. 灰绿色中-细粒薄层糜棱岩化绿泥绿帘阳起片岩	4.8 m
3. 灰绿色薄层细粒绿泥绿帘阳起片岩	3.4 m
4. 灰绿-深灰绿色薄层细粒强片理化绿帘阳起绿泥片岩夹斑点状绿泥绿帘钠长片岩	24.3 m
5. 灰绿色薄层中粒糜棱岩化黑硬绿泥石绿帘阳起片岩	13.5 m
6. 灰绿色薄层状强片理化细粒绿帘钠长阳起片岩	53.7 m
7. 灰绿色薄层状绿帘绿泥阳起片岩夹黑硬绿泥石绿帘阳起片岩, 发育黄绿色富帘石透镜体	290.7 m
8. 灰绿色薄层状绿帘钠长阳起片岩	48.8 m

----- 整合 -----

黑硬绿泥石片岩段(610.5 m)

9. 深灰绿色薄层状-块状中细粒黑硬绿泥石阳起绿帘片岩	77.2 m
10. 深灰绿色强片理化黑硬绿泥石绿帘阳起片岩夹灰绿色斑点状、条带状钠长绿帘石阳	

起片岩	51.6 m
11. 灰绿色薄层状强片理化细粒黑硬绿泥石钠长绿帘阳起片岩,发育富绿帘石变形透镜体	143.1 m
12. 灰绿色强片理化细粒绿帘钠长阳起片岩,含有绿帘石变形透镜体。	18.8 m
13. 灰绿-深灰绿色中-厚层状中细粒黑硬绿泥石绿帘阳起片岩夹灰绿色绿帘钠长阳起片岩	47.4 m
14. 灰绿色薄层状细粒含黑硬绿泥石绿帘钠长阳起片岩夹灰绿色绿帘绿帘阳起片岩	44.9 m
15. 灰绿色厚层状-薄层片理化斑点状绿帘绿帘阳起片岩	10.5 m
16. 灰绿色薄层状细粒黑硬绿泥石绿帘阳起片岩	2.5 m
17. 灰绿色厚层状强片理化斑点状黑硬绿泥石绿帘阳起片岩,由钠长石绿帘石等组成的浅色斑点与由黑硬绿泥石组成的深色斑点定向排列构成拉伸线理	26.1 m
18. 灰绿色薄层状及片状黑硬绿泥石绿帘石粒岩	30.9 m
19. 灰绿色中厚层状-厚层状中细粒绿帘绿帘阳起片岩	6.1 m
20. 灰绿色薄层状强片理化中细粒含黑硬绿泥石绿帘阳起绿帘片岩	6.1 m
21. 灰绿色中层状-块状中细粒绿帘钠长阳起片岩,剪切变形透镜体发育	6.1 m
22. 绿色薄层状细粒含黑硬绿泥石绿帘钠长阳起片岩,发育剪切透镜体	29.0 m
23. 灰绿-浅灰绿色薄层状中粒糜棱岩化黑硬绿泥石绿帘绿帘阳起片岩	25.2 m
24. 灰绿色薄层中-细粒黑硬绿泥石钠长阳起片岩	53.5 m

-----断层-----

下伏地层:武当山岩群双台组条纹状绢云石英钠长片岩

该剖面两个岩性段的岩石组合分别为:上段为深灰绿色绿帘绿泥石钠长阳起片岩、绿帘钠长绢云片岩,常见绿帘石岩透镜体;下段为黑硬绿泥石绿帘阳起片岩、钠长绿帘黑硬绿泥石片岩、绿帘钠长阳起片岩,黑云阳起绿帘片岩,局部有蓝闪片岩。经岩相学工作和成分投影证实,其原岩组合以玄武岩和玄武安山岩为主,夹有苦橄玄武岩和粗面玄武岩。

该剖面耀岭河群上与陡山沱组为滑脱面接触,下与武当山岩群呈断层接触关系,区域上岩性表现均匀,变化很小,原岩以基性火山岩为特征。

3 不同地区耀岭河群的对比

3.1 岩石组合对比

安康凤凰山地区的耀岭河群分为上下两段:下

段以变玄武岩、浅灰绿色含砾玄武质-安山质熔岩、变玄武岩-玄武安山岩(绿帘绿泥石阳起钠长片岩、绿帘绢云片岩)、变安山岩-变流纹岩(绢云绿泥石石英钠长片岩、绢云石英片岩)为主,上段以灰色变质含砾凝灰熔岩夹变质沉凝灰岩、凝灰质砂岩、变火山-沉积岩(云母钠长片岩、绿帘绢云片岩、绢云石英片岩)为主,局部夹少量大理岩、变砂岩、含碳绢云石英片岩(齐文等,2002)。此岩石组合与商南耀岭河流域的岩石组合基本一致。

镇安地区的耀岭河群岩石组合变化较大,底部为变基性火山岩夹变中酸性火山岩,中上部为变沉积岩、片岩和大理岩组合(凌文黎等,2002b),亦与商南耀岭河流域的岩石组合基本一致。

武当山穹隆边部的耀岭河群则以变玄武岩、玄武安山岩(深灰绿色绿帘绿泥石钠长阳起片岩、绿帘钠长绢云片岩、黑硬绿泥石绿帘阳起片岩、钠长绿帘黑硬绿泥石片岩、绿帘钠长阳起片岩)为特征,没有出现变质的中酸性火山岩和变质沉积岩(千枚岩、碳质千枚岩和大理岩),是名副其实的“绿色片岩系”。这就是武当山耀岭河群与其他地区耀岭河群的岩石组合的根本差别。

3.2 变质火山岩的岩石化学特征对比

不同成分的火山岩是对不同大地构造背景的响应,与变沉积岩相比,它们对大地构造的反应更灵敏一些。因此笔者在进行岩石化学和地球化学对比时采用了耀岭河群中的变火山岩进行对比。不同地区耀岭河群变质火山岩的岩石化学成分列于表1。①从SiO₂的含量看,商南地区耀岭河群为45.56%~76.15%,镇安地区为46.19%~64.54%,安康凤凰山地区为48.21%~72.23%,SiO₂含量变化范围大;而两郧地区大部分集中在45%~49%(±0.5%)之间,只有1个样品为40.64%,显然主体部分属基性岩范畴。②从FeO⁺+MgO的含量看,商南耀岭河地区为2.89%~18.12%,镇安地区为6.82%~27.63%,安康凤凰山地区为3.05%~17.91%,两郧地区为13.41%~25.79%,反映两郧地区的含量范围较窄,平均含量要高得多。③从Na₂O+K₂O的含量看,商南耀岭河地区为3.81%~7.2%,镇安地区为4.93%~9.34%,安康凤凰山地区为2.41~6.74%,两郧地区为1.34~5.5%,反映两郧地区的平均含量要低得多。

不同地区耀岭河群火山岩的TAS分类图(图2)也显示出两郧地区与其他地区的明显差别。两郧地

表 1 不同地区耀岭河群变质火山岩岩石化学成分表

$w_B/\%$

Table 1 Chemical composition of metamorphic volcanic rocks of Yaolinghe Group in different areas

地区	样品号	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 ⁺	LOI	Σ
南秦岭凤凰山地区	1	61.70	1.00	17.48	1.66	5.26	0.08	2.08	0.80	2.00	3.50	0.11		3.09	98.76
	2	65.01	0.87	14.22	1.58	4.88	0.11	1.44	2.40	4.90	0.40	0.13		2.86	98.8
	3	65.80	0.80	13.79	2.44	3.11	0.08	2.01	2.10	3.90	2.80	0.12		2.49	99.44
	4	65.20	0.72	15.10	2.69	3.21	0.08	1.94	1.60	3.35	3.15	0.13		2.51	99.68
	5	65.96	0.80	13.81	1.73	3.84	0.12	3.05	0.85	2.74	2.35	0.12	0.34	3.71	99.42
	6	66.94	0.68	13.85	2.52	2.95	0.10	2.54	1.17	2.76	2.40	0.11	0.32	3.08	99.42
	7	48.21	0.98	15.74	4.39	5.70	0.11	8.27	0.68	2.20	0.21	0.22	2.20	3.81	92.72
	8	72.23	0.36	12.80	1.34	1.04	0.14	0.81	1.58	4.43	2.31	0.08	0.19	2.29	99.6
	9	53.38	1.00	16.72	4.38	3.48	0.16	4.89	8.65	2.92	0.14	0.19	0.18	3.44	99.53
	10	56.68	0.81	12.90	2.71	3.46	0.24	3.79	6.68	0.28	2.74	0.13	0.21	9.22	99.85
	11	49.88	1.68	17.36	2.17	7.59	0.18	5.68	5.30	4.78	0.08	0.30	0.29	3.58	98.87
	12	74.83	0.23	12.90	1.49	0.98	0.13	0.90	0.35	4.21	2.05	0.04	0.18	1.55	99.84
南秦岭镇安地区	SY-01	49.30	1.45	21.64	9.58	1.40	0.02	2.24	1.29	0.28	9.06	0.55		4.11	99.52
	SY-02	49.47	1.82	14.74	9.66	6.28	0.15	7.00	5.26	3.58	1.56	0.34		7.09	100.67
	SY-03	49.46	2.01	16.06	10.82	6.95	0.13	6.74	3.98	2.11	3.01	0.36		5.94	100.62
	SY-04	48.66	2.12	15.10	11.27	5.42	0.14	5.35	5.71	3.69	1.60	0.34		6.70	100.68
	SY-05	64.32	0.38	16.94	4.61	1.65	0.04	2.13	0.85	3.07	4.79	0.22		2.62	99.97
	SY-06	51.05	2.24	15.14	11.67	6.88	0.14	6.68	4.44	3.67	2.05	0.35		3.04	100.47
	SY-07	50.87	2.15	15.38	12.02	6.40	0.12	5.99	4.12	3.48	2.30	0.35		3.90	100.68
	SY-08	52.56	2.07	14.38	10.03	6.48	0.15	5.82	5.81	4.37	1.36	0.32		3.78	100.65
	SY-09	49.39	2.17	14.88	12.15	8.75	0.17	7.96	3.93	3.94	1.32	0.33		3.89	100.13
	SY-10	50.41	1.68	15.93	10.41	6.90	0.14	6.54	4.98	2.31	3.78	0.26		3.90	100.34
	SY-11	58.41	1.14	16.22	7.36	4.05	0.09	3.40	3.09	2.82	4.12	0.20		3.08	99.93
	SY-12	54.76	1.41	15.34	8.63	6.18	0.13	5.36	4.93	3.91	2.08	0.21		3.91	100.67
	SY-13	50.41	1.40	15.83	11.07	7.38	0.16	7.61	5.31	2.73	3.21	0.19		2.77	100.69
	SY-14	49.83	1.47	17.48	10.76	7.35	0.15	6.86	3.92	3.08	3.21	0.22		3.53	100.51
	SY-16	56.13	1.76	16.49	9.57	6.95	0.13	3.75	2.65	3.72	2.60	0.51		3.37	100.68
	SY-17	49.79	2.00	15.97	11.29	7.72	0.18	6.26	5.31	3.07	3.12	0.40		3.08	100.47
	SY-18	46.19	1.80	15.54	12.90	10.6	0.21	8.06	4.38	2.63	2.30	0.32		6.34	100.67
	SY-19	49.48	1.61	15.55	9.42	7.08	0.14	6.86	6.08	3.64	2.59	0.31		4.91	100.59
	SY-20	61.60	0.26	20.45	4.07	2.48	0.05	1.72	0.58	6.04	2.87	0.12		1.76	99.52
	SY-21	63.60	0.87	14.22	6.29	4.38	0.08	2.64	3.00	4.00	1.71	0.29		3.54	100.24
	SY-22	64.54	0.24	17.50	4.60	1.10	0.01	1.58	0.41	0.13	7.21	0.21		3.07	99.50
南秦岭商南耀岭河	5925/YQ-2	57.22	1.06	14.70	3.74	3.55	0.08	4.31	6.25	3.73	1.98	0.24	2.24		99.23
	5924/YQ-6	69.53	0.24	14.75	1.25	0.96	0.04	0.86	2.25	4.09	3.11	0.08	0.59		99.3
	5944/YQ-7	63.42	0.91	16.45	2.23	4.16	0.05	2.48	0.50	2.60	3.75	0.19	1.85		99.21
	5925/1YQ	73.48	0.36	12.94	1.86	0.68	0.02	0.68	1.95	3.73	2.44	0.07	0.32		99.47
	5925/3YQ	45.56	1.64	13.91	4.02	7.18	0.17	7.33	10.9	1.81	2.00	0.13	2.38		98.43
	5925/YQ-4	76.15	0.23	12.80	1.64	0.67	0.02	0.75	0.85	0.93	3.88	0.03	1.06		99.45
	2405/5YQ	62.41	1.10	14.30	1.77	6.38	0.13	3.10	2.42	2.74	1.96	0.10	5.12		101.53
	2406/17YQ	59.30	1.10	13.60	4.77	3.81	0.12	3.49	5.56	3.40	1.62	0.20	3.50		100.47
湖北两郧地区	8358/6-2	46.79	2.52	14.18	6.60	8.28	0.06	6.94	6.53	3.26	0.88	0.26			99.86
	8358/8-1	47.78	2.90	11.82	6.46	6.47	0.08	5.48	14.5	1.58	0.12	0.37			99.38
	8358/9-1	46.3	3.56	10.46	13.22	3.02	0.08	4.64	7.43	4.62	0.88	0.33			99.32
	3360/14-2	49.34	2.48	12.42	6.80	7.51	0.08	5.37	8.73	2.27	1.74	0.30			99.3
	3360/19-1	44.45	2.88	15.33	7.22	8.89	0.09	8.14	9.48	2.78	0.13	0.32			100.49
	8040/42-2	47.39	2.44	14.35	2.63	11.5	0.19	6.83	6.70	3.34	0.86	0.30			99.81
	8040/42-4	40.64	2.70	16.07	1.83	14.4	0.32	9.90	4.00	3.05	0.04	0.33			99.94
	8041/47-1	46.74	1.54	17.00	6.13	4.52	0.19	3.38	17.6	1.20	0.14	0.21			99.66
	8043/67-1	46.46	2.12	15.67	8.92	4.26	0.19	6.11	8.70	2.80	1.32	0.29			99.64
	8043/67-2	44.15	2.26	15.53	4.56	9.44	0.18	8.25	7.15	2.02	1.71	0.31			99.64
	8043/68-1	47.02	2.02	15.06	2.58	10.2	0.19	6.90	9.80	2.24	0.60	0.17			99.84
	8044/79-3	47.39	2.60	13.87	3.54	9.77	0.19	4.74	12.6	2.34	0.10	0.29			100.29
	8045/81-1	47.11	2.37	13.88	4.17	9.07	0.16	5.61	10.2	2.18	1.63	0.31			99.87
	8046/86-5	48.45	1.88	13.13	6.82	5.07	0.22	5.10	14.9	2.57	0.11	0.21			99.64
	9543/1-1	45.17	2.92	14.10	4.17	11.6	0.19	5.97	6.90	3.04	0.90	0.40			99.39

南秦岭商南耀岭河地区和湖北两郧地区的样品均由地矿部西安综合岩矿测试中心采用化学分析法(湿法)分析,除个别样品外,数据总量误差在 1% 以内(少量样品的个别分析项目表中未列出);南秦岭凤凰山地区的岩石化学数据选自齐文等(2002);南秦岭镇安地区的岩石化学数据选自凌文黎等(2002a,2002b)。

区以玄武岩为主,并有苦橄玄武岩、玄武安山岩和粗面安山岩,其他3个地区均不仅有玄武岩,也有玄武安山岩、安山岩和流纹岩。在变质火山岩硅-碱图中(图3)中,商南地区、安康凤凰山地区的耀岭河群变

在一定程度上显示了大陆溢流玄武岩区经常出现的情况,即玄武岩的岩石化学组成表现为碱性系列与亚碱性系列之间的过渡类型(Yang *et al.*, 1998)。两郧地区的样品在图4中落入了拉斑玄武岩区。在 Al_2O_3 - CaO - MgO 和 $\text{FeO}^*-\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{MgO}$ 图解(图5)上,两郧地区显示出由 $\text{MgO} \rightarrow \text{CaO}$ 和由 $\text{MgO} \rightarrow \text{FeO}$ 的演化趋势,但没有由富 FeO^* 、 MgO 向富 $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 的演化趋势。而其他3个地区的演化趋势却反映了钙碱性火山岩的典型演化序列。

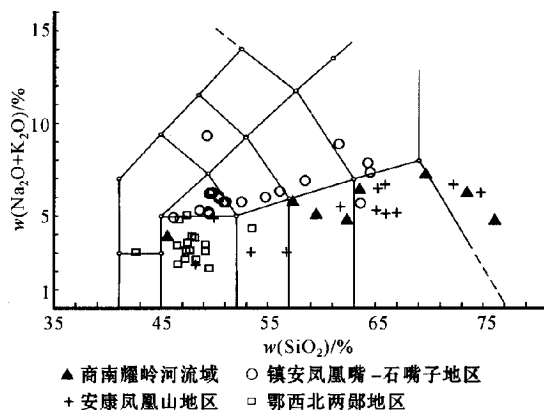


图2 不同地区耀岭河群变质火山岩的 TAS 分类图 (据 Le Maitre 等, 1989)

Fig. 2 TAS classification of metamorphic volcanic rocks of Yaolinghe Group in different areas(after Le Maitre *et al.*, 1989)

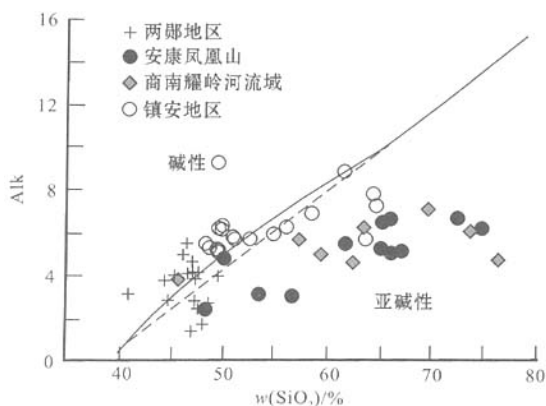


图3 不同地区耀岭河群变质火山岩硅-碱图

Fig. 3 Silicon-alkali diagram of metamorphic volcanic rocks of Yaolinghe Group in different areas

质火山岩均基本落入亚碱性系列范畴,镇安地区的样品分布于分界线两侧,但从分布趋势看,随着 SiO_2 升高样品点则全落入亚碱性系列,所以主要还还是亚碱性系列。在变质火山岩 FeO^*/Mg 与 SiO_2 、 FeO^* 图(图4)中,商南地区、安康凤凰山地区的耀岭河群变质火山岩属钙碱性系列(C),而镇安地区属拉斑玄武岩系列(T)。两郧地区的样品在图3上则全部位于亚碱性与碱性的分界线两侧,挤成一堆,差异不明显。这

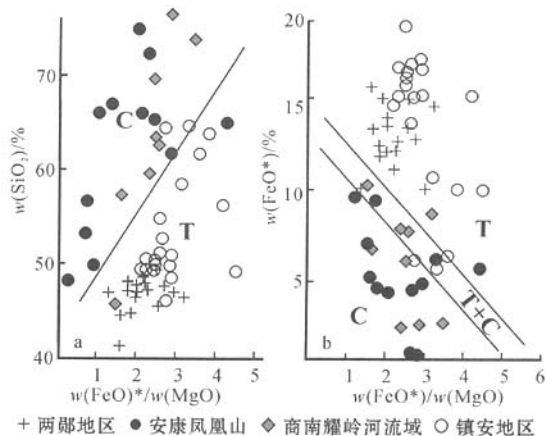


图4 不同地区耀岭河群变质火山岩 FeO^*/MgO 与 SiO_2 、 FeO^* 图

Fig. 4 FeO^*/MgO and SiO_2 , FeO^* diagrams of metamorphic volcanic rocks of Yaolinghe Group in different areas

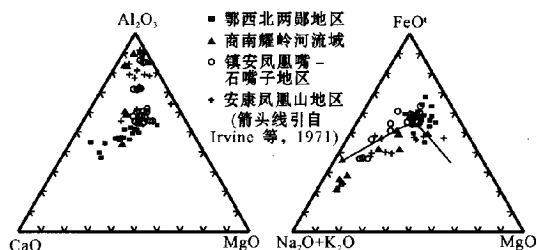


图5 不同地区耀岭河群变质火山岩的 Al_2O_3 - CaO - MgO 和 $\text{FeO}^*-\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{MgO}$ 图解

Fig. 5 Al_2O_3 - CaO - MgO and $\text{FeO}^*-\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{MgO}$ diagrams of metamorphic volcanic rocks of Yaolinghe Group in different area

3.3 变质火山岩的稀土元素地球化学特征对比

商南耀岭河流域和两郧地区的耀岭河群稀土元素分析结果列于表2。安康凤凰山地区和镇安地区稀土元素分析数据引自齐文等(2002)和凌文黎等(2002a)。从数据特征看,商南、安康、镇安、两郧的

表 2 两郧地区和商南耀岭河流域耀岭河群变质火山岩稀土元素含量表

Table 2 Rare earth element contents of metamorphic volcanic rocks of Yaolinghe Group in Shanglan and two Yun areas

地区	编号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
耀岭河流域	5924/YQ-06	29.8	55.6	5.54	21.3	3.51	0.95	2.07	0.37	1.94	0.37	0.98	0.15	0.92	0.14	9
	5925/1YQ	52.6	98.9	10.8	37	7.6	1.26	4.61	0.8	4.35	0.87	2.38	0.36	2.19	0.34	18.1
	5925/3YQ	41.4	72.3	9.22	34.5	5.85	1.7	3.26	0.56	2.2	0.42	0.97	0.15	0.91	0.13	9.48
	5925/YQ-4	57.5	110	13.1	50.4	10.6	1.56	7.57	1.33	7.89	1.69	4.93	0.77	4.63	0.75	40
	2405/5YQ	21.32	43.15	4.8	18	4.05	1.21	3.04	0.52	3.31	0.73	2.36	0.27	1.84	0.21	17.3
两郧地区	2406/17YQ	27.29	61.87	5.13	18.86	4.31	1.47	3.56	0.59	3.36	0.77	2.54	0.27	2.28	0.22	19.7
	8358-9-1	31.7	63.1	8.23	38.6	8.63	2.36	8.68	1.38	8.61	1.65	4.4	0.56	3.26	0.5	32.7
	3360/19-1	28.4	57.5	7.19	36.4	7.8	2.61	7.57	1.26	8.19	1.57	4.28	0.58	3.48	0.53	35.1
	8040/42-2	23.5	46.8	5.74	27.8	5.56	1.57	4.24	0.66	2.75	0.47	0.96	0.14	0.84	0.13	8.5
	8043/67-1	13.1	26.1	3.68	19.3	4.29	1.57	3.95	0.7	3.97	0.76	1.85	0.27	1.67	0.26	15
	8045/81-1	25.8	50	5.83	27.8	5.98	1.89	5.28	0.95	5.91	1.17	3.14	0.45	2.7	0.43	27.5
	8046/86-5	13.3	27.5	3.53	18	4.26	1.36	4.14	0.75	5.11	1.05	2.84	0.38	2.37	0.36	22.9
	9543-1-1	26.1	55.6	6.85	35.2	7.47	2.37	7.16	1.25	7.66	1.52	4.05	0.51	3.06	0.48	31.5
	7991/1YQ	18.5	40	4.96	24.9	5.47	1.82	5.49	0.85	4.65	1.03	2.38	0.37	2.31	0.35	

样品由国土资源部宜昌地质矿产研究所测试中心用等离子光谱(ICP-AES)法测试,误差小于 10^{-6} 。

ΣREE 、 $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}}$ 分别为 $122.13 \times 10^{-6} \sim 312.72 \times 10^{-6}$ 、 $7.63 \sim 29.97$ 、 $161.26 \times 10^{-6} \sim 183.33 \times 10^{-6}$ 、 $5.53 \sim 10.23$ 、 $64.22 \times 10^{-6} \sim 307.89 \times 10^{-6}$ 、 $2.92 \sim 11.11$ 、 $96.47 \times 10^{-6} \sim 214.36 \times 10^{-6}$ 、 $3.7 \sim 18.43$,数据范围都有重叠,但总体显示出不同地区的稀土元素均有一定程度的分馏。 $(\text{La}/\text{Sm})_{\text{N}}$ 和 $(\text{Gd}/\text{Yb})_{\text{N}}$ 数据区别明显,前 3 个地区平均值分别为 4.01、1.71、3.80、1.53、2.28、1.32, $(\text{La}/\text{Sm})_{\text{N}}$ 值均显著高于 $(\text{Gd}/\text{Yb})_{\text{N}}$,且 $(\text{Gd}/\text{Yb})_{\text{N}}$ 值接近于 1,体现了板块会聚边缘火山岩的特征。而两郧地区的 $(\text{La}/\text{Sm})_{\text{N}}$ 和 $(\text{Gd}/\text{Yb})_{\text{N}}$ 分别是 2.2 和 2.07,数据几乎相等,显示了板内火山岩的特征。不同地区耀岭河群的稀土元素球粒陨石配分曲线示于图 6 中。从图 6 可知,4 个地区火山岩的轻、重稀土元素都有不同程度的分馏,但两郧地区的配分曲线具有相同的斜率,而安康、商南和镇安 3 个地区的分馏作用明显要比两郧地区强一些,轻稀土元素配分曲线的斜率较大,重稀土元素配分曲线相对平坦。前者具板内

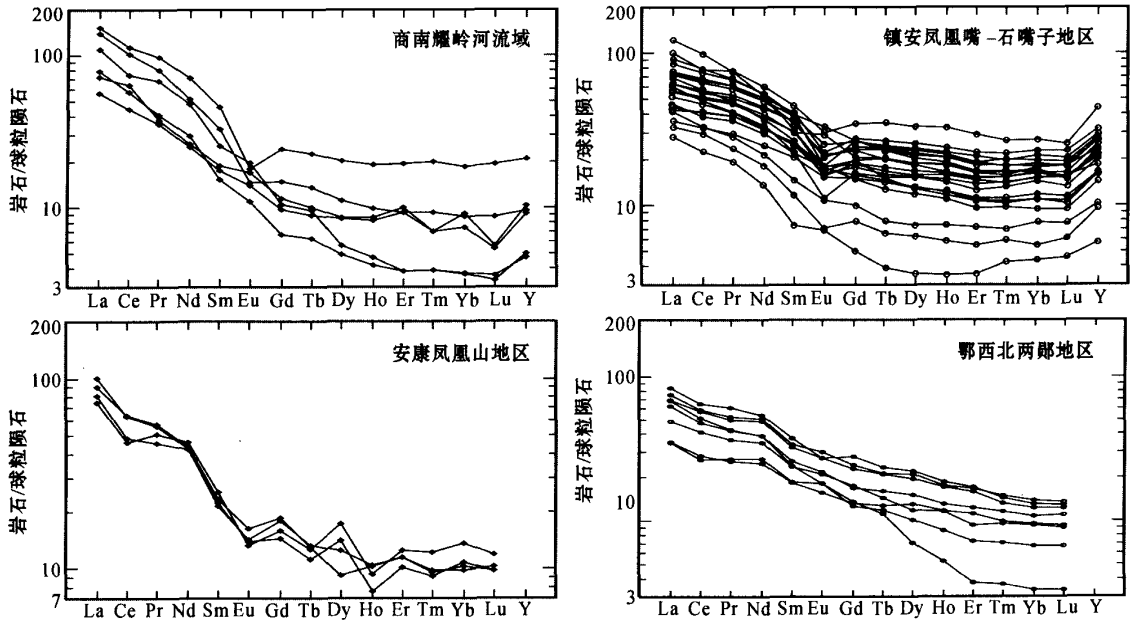


图 6 不同地区耀岭河群变质火山岩的稀土元素球粒陨石标准化配分曲线(球粒陨石值据 Boynton, 1984)

Fig. 6 Chondrite-normalized REE patterns of metamorphic volcanic rocks of Yaolinghe Group in different areas

(chondrite values after Boynton, 1984)

大陆拉斑玄武岩的特点,后者具会聚板块边缘(岛弧火山岩)的特征(Pearce *et al.*, 1973,1975; Henderson, 1984)。最明显的区别是安康、商南和镇安 3 个地区均有明显 Eu 负异常,而两郧地区则无 Eu 异常出现。

3.4 变质火山岩的微量元素地球化学特征对比

商南耀岭河流域和两郧地区的耀岭河群微量元素分析结果列于表 3,镇安地区的数据引自凌文黎等(2002a)。不同地区耀岭河群变质火山岩微量元素的原始地幔标准化蛛网图示于图 7。图中显示几个地区图型大致相似,但商南、镇安地区耀岭河群变质火山岩强烈富集 K、Rb、Ba 等大离子亲石元素,相对

大离子亲石元素来说,Ta、Nb、P、Zr、Hf、Ti 等元素的富集程度较弱。而两郧地区从 Sr 到 Ti 均有适度富集,但富集程度显著不及商南和镇安地区,差别接近 1 个数量级,说明商南和镇安地区的耀岭河群为火山弧的可能性要大。

3.5 构造背景属性的差异

对于耀岭河群构造背景的研究前人已经发表了不少文献(夏林圻等,1996; 张成立等,1999; 董云鹏等,2002; 凌文黎等,2002a; 齐文等, 2002),但大多都以某一地区的研究成果来概论不同地区的耀岭河群,也有部分研究者发现某个地区的耀岭河群与两郧地区有差异(凌文黎等,2002b)。在前人研究的

表 3 商南地区和两郧地区耀岭河群变质火山岩微量元素分析结果
Table 3 Trace element contents of metamorphic volcanic rocks of Yaolinghe Group in Shanglan and two Yun areas

地区	岩石类型	Sr	Rb	Ba	Th	Ta	Nb	Zr	Hf	Sc	Cr	V	Ni	Co	Cs	U	Ga
商南耀岭河	5925/YQ-2	663	61	679	3	0.98	11	204	4	29	145	119	63	19		0.69	20
	5924/YQ-6	333	98	1392	7	1.1	10	155	6	6.4	56	40	4	4		1.68	16
	5944/YQ-7	59	129	856	8	0.9	16	221	4	22.5	91	99	39	18		1.89	19
	5925/1YQ	197	77	1461	12	1.16	19	239	6	6.6	45	45	5	5		2.68	15
	5925/3YQ	384	66	220	3	0.84	8	108	3	82	248	221	74	37		0.53	13
两郧地区	8358-6-2	150	18	175	6	0.83	17	187	3		124	230	96	41	6	0.64	13.5
	8358-8-1	250	8	86	4	1.2	21	207	5		57	353	14	33	5	1.04	15
	8358-9-1	80	30	447	3	0.6	15	198	4		86	274	43	37	5	4.95	12
	3360/14-2	581	7	75	3	0.88	17	199	3		127	294	81	44	5	0.86	16
	3360/19-1	233	20	349	5	0.44	17	180	2		100	233	92	36	6	1.04	16
	8040/42-2	825	9	58	5	0.44	13	151	4		61	206	69	36	6	1.04	11
	8040/42-4	460	36	566	5	0.44	13	129	4		119	255	74	36	6	1.04	11
	8041/47-1	463	48	2415	6	0.6	16	147	3		119	285	79	38	6	1.17	13.5
	8043/67-1	276	16	76	6	1.86	12	131	1		129	236	129	43	6	1	13
	8043/67-2	264	7	63	6	0.54	16	184	4		162	268	43	34	5	1	18
	8043/68-1	386	33	440	5	0.36	13	166	4		155	233	81	34	6	1.04	18
	8044/79-3	475	6	86	6	0.33	11	139	3		117	232	90	33	6	0.86	15.5
	8045/81-1	262	21	117	6	0.6	20	197	3		114	283	87	43	5	0.86	24
	7991/1YQ	93	39	326	3	2.5	14	173	2	31	165	226					

样品由地矿部宜昌地质矿产研究所测试中心用等离子光谱(ICP-AES)法测试。误差小于 10⁻⁶。

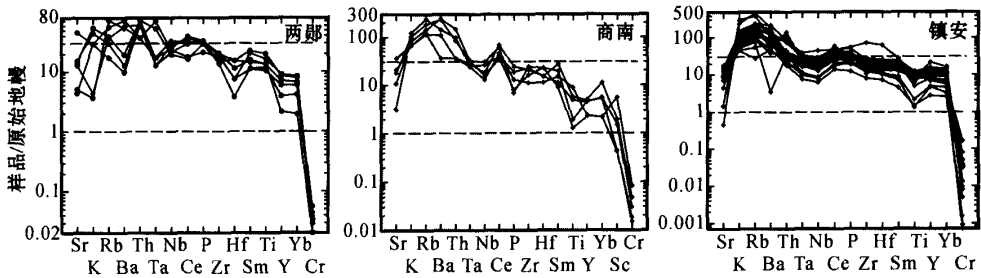


图 7 不同地区耀岭河群变质火山岩的微量元素原始地幔标准化蛛网图(原始地幔值据 McDonough 等,1985)
Fig. 7 Primitive mantle-normalized trace element diagram for metamorphic volcanic rocks of Yaolinghe Group in different areas (primitive mantle values after McDonough *et al.*, 1985)

基础上,笔者又做了部分研究工作。将收集到的常量元素投到 Pearce(1976)的 F1 - F2 - F3 图解(图 8)上,两郧地区的投点基本落入 WPB 范围内,而商南耀岭河流域和镇安地区的投点则基本落入了 SHO 区。在 Hf - Th - Ta 和 Hf - Th - Nb 图解(图 9)上,两郧地区的投点主体落入了 E 型 MORB 区(B 区)内,少量落入了 N 型 MORB(A 区)内,而商南耀岭河流域和镇安地区的投点则基本落入岛弧拉斑玄武岩和会聚板块边缘玄武岩区(D 区)内。这与前人在各自地区的研究结果(夏林圻等, 1996; 张成立等, 1999; 董云鹏等, 2002; 凌文黎等, 2002a, 2002b; 齐文等, 2002)完全一致。因此,武当山穹隆及其周边地区的耀岭河群形成于板内拉张构造环境或裂谷盆地环境,而南秦岭构造带北缘及安康凤凰山地区的耀岭河群形成于岛弧构造环境。

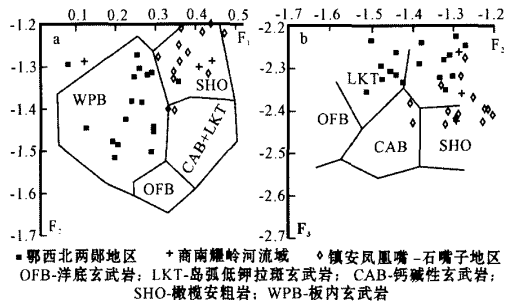


图 8 不同地区耀岭河群变质火山岩的 F1 - F2 - F3 图解
(据 Pearce, 1976)

Fig. 8 F1 - F2 - F3 diagram for metamorphic volcanic rocks of Yaolinghe Group in different areas(after Pearce, 1976)

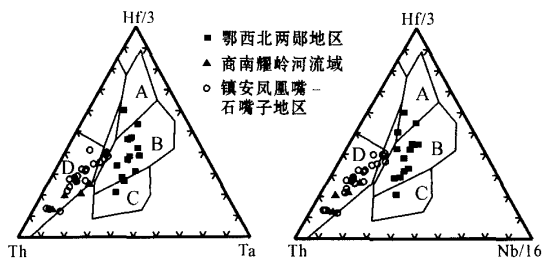


图 9 不同地区耀岭河群变质火山岩的 Hf - Th - Ta 和 Hf - Th - Nb 图解(据 Wood, 1979)

Fig. 9 Hf - Th - Ta and Hf - Th - Nb diagrams for metamorphic volcanic rocks of Yaolinghe Group in different areas(after Wood, 1979)

4 地质意义讨论

4.1 对耀岭河群研究的启示

武当山穹隆及其周边地区的耀岭河群与南秦岭

构造带北缘(商南、山阳和镇安地区)及巴山弧形构造带西部地区(安康牛山-凤凰山地区)的耀岭河群在剖面结构、岩石组合和岩石地球化学特征上有明显差异。在研究耀岭河群时,必须注意不同地区耀岭河群的差别,不要以某一地区耀岭河群的研究结果来对整个耀岭河群定性。目前文献中大多还是把耀岭河群看作是大陆裂谷的产物(程裕淇, 1994; 夏林圻等, 1996; 周鼎武等, 1998; 张国伟等, 2001),这样可能会对南秦岭构造带的构造属性做出不适宜的结论。

另一方面,在研究某一地区的耀岭河群时,需要仔细研究其岩石组合和地层单元的划分,注意其属于哪一类型的耀岭河群。笔者在近期的一篇文章(唐将等, 2002)中就看到,有研究者把原定名的耀岭河群改用其他名称。改名的两个原因之一就是耀岭河群应当是“变质的绿色片岩相,与本区岩性差异极大,两者属同时异相的产物”,可见“绿色片岩”影响之深远,这也就是全面理解“耀岭河群”的意义之所在。

4.2 对南秦岭构造带演化研究的意义

南秦岭地区是中央造山带的重要组成部分之一,它的形成和演化历史的研究对中央造山带的研究起着十分重要的作用。近来,许多研究者提出耀岭河群与 Rodinia 超大陆的裂解有关(张成立, 1999; 凌文黎等, 2002a, 2002b; 齐文等, 2002)。武当山穹隆及其周边地区的耀岭河群所反映的构造背景确与这一裂解的大构造事件相对应。但同时也应该注意,在南秦岭构造带北缘和巴山弧形构造带西部的耀岭河群却反映了岛弧体制下的挤压构造背景,也就是说,在南秦岭地区的 6.5~8 亿年期间存在两种构造体制:武当山地区的拉张-裂解体制和其周缘地区(商南耀岭河流域、镇安地区、安康凤凰山及城口-镇坪地区)的挤压-岛弧增生体制。这两种体制的并存说明南秦岭构造带的安康-武当地区具有自身的演化规律。它在 Rodinia 超大陆会聚时期(11~10 亿年)就已经是一个独立的地块了,在 Rodinia 超大陆裂解时期,地块内部的拉斑质基性火山活动就与这一裂解事件相关。而在地块周缘地区,却发生了分别与北秦岭地块和扬子板块的碰撞拼合事件,产生了钙碱性岛弧火山岩。很明显,这些事实表达了两层含义:首先表明了武当地块在这一时期不属于扬子板块(岛弧火山岩的存在说明正在拼合);其次表明了裂解事件也不是武当地块从扬子板块上裂

出,而是该地块本身的裂解。换言之,这一时期不仅在南秦岭构造带与北秦岭构造带之间存在洋盆,而且南秦岭构造带与扬子板块之间也曾经存在洋盆。更扩展地讲,西秦岭地区的碧口地块也属其列,进一步说明了南秦岭构造带在这一时期存在过多陆块-洋盆构造体制。

5 结论

(1) 在南秦岭广泛分布的耀岭河群并不是一个到处都均匀的地质体,它在不同地区具有不同的地层单元、岩石组合和地球化学特征,但却具有大体相当的形成时代:上覆地层均为震旦系(各地均与震旦系相伴生),下伏地层有武当山岩群(Pt_3)、陡岭岩群($Ar-Pt_1$)。同位素年龄值大多为:变质基性岩 Sm-Nd 全岩等时年龄为 (805.8 ± 36.5) Ma、650~800 Ma,火山岩的锆石 U-Th-Pb 和 Pb-Pb 年龄分别为 730 Ma 和 796 Ma(程裕淇,1994;赵银胜,1997)。因此笔者认为,耀岭河群的形成时代大致为 650~800 Ma。

(2) 武当山穹隆及其周缘地区的耀岭河群以变质基性火山岩为特征,代表了人们常说的耀岭河群(绿色片岩)。而南秦岭构造带北缘(商南耀岭河流域命名地的)和巴山弧形构造带西部(安康凤凰山地区)的耀岭河群却以变质基-中-酸性火山岩和变质沉积岩组合为特征。近期也有文献(唐将等,2002)证明巴山弧形构造带城口-镇坪段存在同期的安山质火山碎屑岩。

(3) 岩石化学、稀土元素研究显示两郧地区为陆内拉斑玄武岩-偏碱性玄武岩组合,而商南、镇安和安康地区为岛弧或会聚板块边缘钙碱性玄武岩和岛弧拉斑玄武岩组合。

(4) 武当地块上的耀岭河群形成于陆内(板内)拉张-陆内裂谷环境;而南秦岭构造带北缘地区(商南、镇安)、巴山弧形构造带(安康凤凰山和城口-镇坪地区)的耀岭河群形成于挤压增生-岛弧环境。

(5) 在 6.5~8 亿年期间,南秦岭构造带存在两种构造体制:陆(板)内拉张体制和板块边缘挤压体制,进一步显示了南秦岭地区在这一时期存在多陆块-夹洋盆的构造特征。

(6) 近来已有研究者(凌文黎等,2002b)提出镇安地区的耀岭河群与武当山地区的耀岭河群有明显的差异,这无疑进一步促进了耀岭河群的研究,但据此将镇安地区的耀岭河群取消,并将其与西乡群对

比,显然是忽略了商南层型剖面处的耀岭河群的特征和属性。因为耀岭河流域的耀岭河群不仅与镇安的耀岭河群是相似的,而且与安康凤凰山地区的耀岭河群也是一致的。它们都与武当山地区的耀岭河群有明显差异,所以,就是要取消耀岭河群的名称,也不应该是商南和镇安地区的耀岭河群,在研究耀岭河群地层对比时应区别对待。

致谢: 在本文的成文过程中得到了长安大学姜常义教授的指导和帮助,编辑部和审稿人对稿件的指点使笔者受益匪浅,在此一并感谢!

Reference

- Boynnton W V. 1984. Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies[A]. Hederson P. Rare Earth Element Geochemistry [C]. Amsterdam: Elsevier Science, 63~114.
- Cheng Yuqi. 1994. The Generality of Regional Geology in China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 170~171(in Chinese).
- Dong Yunpeng and Zhao Xia. 2002. The magmatism and tectonic events in South Qinling belt & its implications for the crust growth [J]. Journal of Northwest University(Natural Science Edition), 32(2): 172~176(in Chinese with English abstract).
- Henderson P. 1984. Rare Earth Element Geochemistry [M]. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 237~267.
- Hu Jianmin, Ma Guoliang, Gao Diansong, *et al.* 2000. Chronology of major geological events of the Wudang block in the south Qinling gorogen [J]. Regional Geology of China, 19(3): 318~324(in Chinese with English abstract).
- Hu Jianmin, Meng Qingren, Bai Wuming, *et al.* 2002. Mid-Late Paleozoic extension of the Wudang block in the South Qinling tectonic belt, China [J]. Geological Bulletin of China, 21(8~9):471~477 (in Chinese with English abstract).
- Hu Jiannin, Song Zi xin and Li Yu. 1998. Geotectonic evolution in Nanhuatang area, northern Wudangshan [J]. Hubei Geology & Mineral Resources, 12(1):13~21 (in Chinese with English abstract).
- Irvine T N and Baragel W R A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks [J]. Can. J. Earth Sci., 8:523~548.
- Le Maitre R W, Bateman P, Dudek A, *et al.* 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms: Recommendation of the International Union of Geological Subcommission on the Systematic of Igneous Rocks[M]. Oxford: Blackwell Scientific.
- Li Kaoshe. 1990. A discussion on the time of the Yaolinghe Group in Shanyang-Shangnan area, Shaanxi Province [J]. Shaanxi Geol., (8):53~58(in Chinese with English abstract).
- Lin P N and Stern R J. 1989. Shoshonitic volcanism in the Mariana arc, 2, Large ion lithophile and rare earth element abundances evidence for the source of in compatible element enrichments in intraoceanic arcs [J]. Journal of Geophysical Research, 94:4 497~4 515.
- Ling Wenli, Cheng Jianping, Wang Xinhua, *et al.* 2002a. Geochemical features of the Neoproterozoic igneous rocks from the Wudang re-

- gion and their implications for the reconstruction of the Jinning tectonic evolution along the South Qinling orogenic belt [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 18(1):25~36 (in Chinese with English abstract).
- Ling Wenli, Wang Xinhua, Cheng Jianping, *et al.* 2002b. Recognition and significance of Zhen'an arc-volcanic suite, South Qinling orogenic belt[J]. *Geochemica*, 222~229 (in Chinese with English abstract).
- McDonough W F and Sun S S. 1985. Isotopic and geochemical systematics in Tertiary-recent basalts from southeastern Australia and implication for the sub-continental lithosphere [J]. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 49: 2 051~2 067.
- Miyashiro A. 1974. Volcanic rock series in island arcs and active continental margins [J]. *Am. J. Sci.*, 274:321~355.
- Pearce J A. 1975. Basalt geochemistry used to investigate past tectonic environments on Cyprus [J]. *Tectonophysics*, 25:41~67.
- Pearce J A. 1976. Statistical analysis of major element patterns in basalts [J]. *Journal of Petrology*, 17:15~43.
- Pearce J A and Cann J R. 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses [J]. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 19:290~300.
- Qi Wen, Wang Xiangli, Wang Weihong, *et al.* 2002. Tectonic basement of the proterozoic era in Fenghuangshan area of Southern Qinling[J]. *Geology of Shaanxi*, 20(2):9~19 (in Chinese with English abstract).
- Qian Qing and Wang Yan. 1999. Geochemical characteristics of bimodal volcanic suites from Different tectonic settings [J]. *Geology Geochemistry*, 27(4):29~32 (in Chinese with English abstract).
- Tang Jiang and Lin Yuan. 2002. The lower Sinian and pre-Sinian of the Daba Mountain area in the south Qinling region [J]. *Geology in China*, 29(2):143~146 (in Chinese with English abstract).
- Wood D A. 1979. Areappraisal of the use of trace elements to classify and discriminate between magma series erupted in different tectonic settings [J]. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 45:326~336.
- Xia Linqi, Xia Zuchun and Xu Xueyi. 1996. The characteristics of the mid-late Proterozoic volcanic rocks in south Qinling and continent rifting in the Precambrian[J]. *Sci China (D)*, 26(3):237~243 (in Chinese).
- Xu Xueyi, Xia Zuchun and Xia Linqi. 2000. Proterozoic intraplate volcanic rocks in South Qinling Mountains and their Tectonic Implication [J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 20(3):255~262 (in Chinese with English abstract).
- Yang Huaijen, Frey F A, Weis D, *et al.* 1998. Petrogenesis of the flood Basalts forming the Northern Kerguelen Archipelago [J]. *Journal of Petrology*, 39:711~748.
- Zhang Chengli, Zhou Dingwu, Jin Hailong, *et al.* 1999. Study on the Sr, Nd, Pb and O isotopes of basic dykes warms in the Wudang block and basic volcanics of the Yaolinghe Group [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 15(3):430~437 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Erpeng. 1992. Geological map of Qinling-Daba Mountains and Adjacent Region of the P. R. C [M]. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Zhang Guowei, Zhang Benren and Yuan Xuecheng, *et al.* 2001. *Qinling Orogen and Continental Geodynamics* [M]. Beijing: Science Press, 1~855 (in Chinese).
- Zhao Yinsheng. 1997. Remarks on the Yaolinghe, Wudangshan, Suixia (Dalangshan) Group in Northern Hubei[J]. *Journal of Stratigraphy*. 21(1):77~80 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Dingwu, Zhang Chengli and Liu Yinyu. 1998. Study on basic dyke swarms developed in the basement in the continental orogen: an example from wudang block in southern Qinling [J]. *Advance in Earth Sciences*, 13(2):151~156 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 程裕祺. 1994. 中国区域地质概论[M]. 北京:地质出版社, 170~171.
- 董小鹏, 赵 震. 2002. 南秦岭前寒武纪岩浆构造事件与地壳生长[J]. *西北大学学报(自然科学版)*, 32(2):172~176.
- 胡健民, 马国良, 高殿松, 等. 2000. 武当地块主要地质事件年代学研究[J]. *中国区域地质*, 19(3): 318~324.
- 胡健民, 孟庆任, 白武明, 等. 2002. 南秦岭构造带中-晚古生代伸展构造作用[J]. *地质通报*, 21(8~9):471~477.
- 胡建民, 宋子新, 郭力宇. 1998. 武当山北部南化塘地区地质构造演化过程[J]. *湖北地矿*, 12(1):13~21.
- 李靠社. 1990. 陕西山阳商南耀岭河群地层时代的讨论[J]. *陕西地质*, (8):53~58.
- 凌文黎, 程建萍, 王歆华, 等. 2002a. 武当地区新元古代岩浆岩地球化学特征及其对南秦岭晋宁期区域构造性质的指示[J]. *岩石学报*, 18(1):25~36.
- 凌文黎, 王歆华, 程建萍, 等. 2002b. 南秦岭镇安岛弧火山岩的厘定及其地质意义[J]. *地球化学*, 31(3): 222~229.
- 齐 文, 王向利, 王炜红, 等. 2002. 南秦岭凤凰山地区元古代构造基底特征[J]. *陕西地质*, 20(2):9~19.
- 钱 青, 王 焰. 1999. 不同构造环境中双峰式火山岩的地球化学特征[J]. *地质地球化学*, 27(4):29~32.
- 唐 将, 林 源. 2002. 南秦岭大巴山地区的下震旦统及前震旦系[J]. *中国地质*, 29(2):143~146.
- 夏林圻, 夏祖春, 徐学义. 1996. 南秦岭中新元古代火山岩性质与前寒武纪大陆裂解[J]. *中国科学(D辑)*, 26(3):237~243.
- 徐学义, 夏祖春, 夏林圻. 2000. 南秦岭元古宙板内火山作用特征及构造意义[J]. *岩石矿物学杂志*, 20(3):255~262.
- 张成立, 周鼎武, 金海龙, 等. 1999. 武当地块基性岩墙及耀岭河群基性火山岩的 Sr, Nd, Pb, O 同位素研究[J]. *岩石学报*, 15(3):430~437.
- 张二朋. 1992. 秦岭—大巴山及邻区地质图(1:100 万)[M]. 北京:地质出版社.
- 张国伟, 张本仁, 袁学诚, 等. 2001. 秦岭造山带与大陆动力学[M]. 北京:科学出版社, 1~855.
- 赵银胜. 1997. 湖北北部耀岭河群、武当山群、随县群(大狼山群)之我见[J]. *地层学杂志*, 21(1):77~80.
- 周鼎武, 张成立, 刘颖宇. 1998. 大陆造山带基底岩块中的基性岩墙群研究[J]. *地球科学进展*, 13(2):151~156.