第 37 卷 第 3 期
2004 年 (总 150 期)

西 北 地 质
NORTHWESTERN GEOLOGY

Vol 37 No. 3
2004 (Sum 150)

文章编号: 1009-6248(2004)03-0001-06

天水渭北地区的变质花岗岩类地质特征

李永军, 李注苍, 付国民, 李 英

(长安大学地球科学与国土资源学院, 陕西 西安 710054)

摘 要: 天水渭北地区地处祁连与北秦岭造山带结合部位。通过详细的岩石学特征、接触关系、形变及变质特征研究, 从变质地层中识别和解体出众多的变质花岗岩体。主要成岩期及代表性岩类有: 中元古界为片麻状花岗闪长岩-二长花岗岩, 震旦纪为片理化闪长岩。采用多种构造判别图解, 获得了重要的构造环境信息。中元古界的花岗岩类是板块碰撞前过渡性结晶基底上局部熔融花岗岩类。震旦纪花岗岩类与板块碰撞作用密切有关, 是碰撞造山—碰撞后抬升这一过程形成的花岗岩类。花岗岩类记录了祁连地块与秦岭地块碰撞的重要证据。

关键词: 变质花岗岩; 地质特征; 构造环境; 渭北地区; 甘肃天水

中图分类号: P588⁺.36 **文献标识码**: A

1 地质概况

天水渭北地区指甘肃省天水渭河之北, 清水县、张家川县之东, 陕西省陇县以西的分布区。地理坐标东径 105°~106°30′, 北纬 34°30′~35°00′。本区位于祁连—北秦岭的结合部位[1~5]。大致以渭河东西向大断裂为界, 其北为祁连地块, 其南为北秦岭地块。由于本区变质程度较高, 地质构造复杂, 研究程度较低, 以往没有识别出分布于中深变质地层中的变质花岗岩类。笔者等在近年的 1∶25 万区域地质调查中, 从变质地层中识别和解体出这些变质花岗岩类。区内变质花岗岩类按其时代可分为震旦纪变质花岗岩类和中元古界变质花岗岩类两类 (图 1)。

2 岩石学特征

2.1 震旦纪变质花岗岩类

岩体侵入于陇山岩群及葫芦河岩群中 (局部地段为断裂接触), 并被时代更新岩体吞侵。在地表轮廓一般为宽带状。岩石普遍经历了片理化形变, 岩体中的脉体有褶皱形变, 在岩体与围岩接触带附近的变质地层一侧, 岩体呈细脉状、岩枝状贯入变质地层中, 并同变质地层一起发生了褶皱形变。但其形变强度较元古代花岗岩类弱许多。岩体与围岩多为清晰的侵入关系, 岩体内部残存有较多的原始岩浆组构, 局部地段可区分出不同期次的岩浆活动, 宏观岩石学特征与其围岩较易区分, 变质程度仅达低绿片岩相。于闫家店灰色—灰白色片理化变质石英闪长岩中获得 547.7 Ma 的全岩 Rb-Sr 等时年龄 (表 1 及图 2)。

表 1 闫家店岩体 Rb-Sr 年龄同位素分析结果

Tab.1 Rb-Sr dating of Yanjiadian rock

样号	$^{87}Sr/^{86}Sr$	$^{86}Sr(10^{-6})$	$^{86}Sr(10^{-6})$	$^{87}Rb/^{86}Sr$
ZTZ-3-3	0.711 892	0.639 98	0.303 511	0.474 25
ZTZ-3-4	0.715 054	0.611 933	0.486 761	0.795 448
ZTZ-3-6	0.712 806	0.619 94	0.415 742	0.670 616
ZTZ-3-8	0.710 381	0.288 83	0.006 899	0.238 86
ZTZ-3-9	0.709 374	1.645 82	0.239 878	0.145 749

注: 数据由原成都理工学院测试。

收稿日期: 2004-03-09; **修回日期**: 2004-04-30

基金项目: 由中国地质调查局地质调查项目 (编号: 20001300010171) 资助

作者简介: 李永军 (1961-), 男, 博士, 副教授, 主要从事构造地质学、区域地质调查及地球探测信息研究。Email: yongjunli@163.com

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

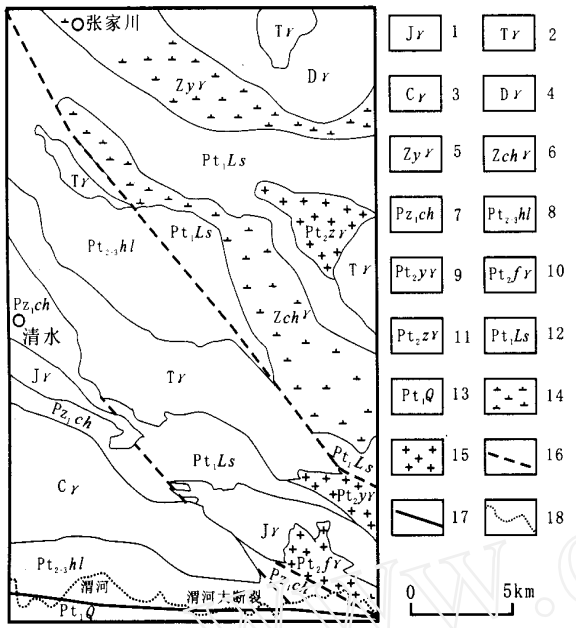


图 1 天水渭北地区区域地质简图

Fig. 1 The skctch map of north area of Weihe river, Tianshui

1. 侏罗纪花岗岩; 2. 三叠纪花岗岩; 3. 石炭纪花岗岩; 4. 泥盆纪花岗岩; 5. 震旦纪闫家店变质闪长岩; 6. 震旦纪长沟河变质闪长岩; 7. 早古生代陈家河群; 8. 中新元古代葫芦河岩群; 9. 中元古代元滩河变质花岗岩类; 10. 中元古代范家渠变质花岗岩类; 11. 中元古代站沟门变质花岗岩类; 12. 古元古代陇山岩群; 13. 古元古代秦岭岩群; 14. 变质闪长岩; 15. 变质花岗岩类; 16. 分区断裂; 17. 渭河大断裂; 18. 渭河

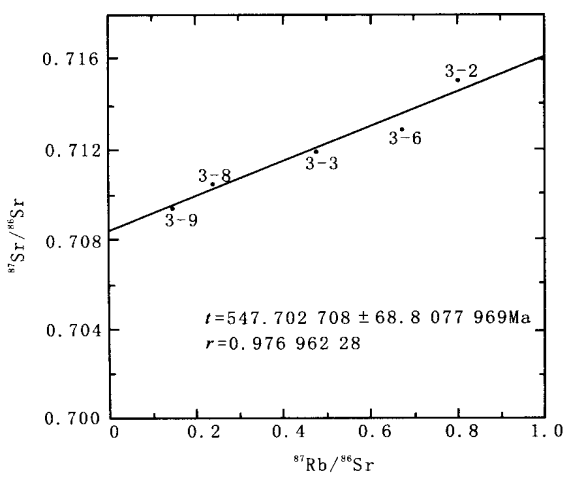


图 2 闫家店岩体 Rb-Sr 等时年龄

Fig. 2 Rr-Sr isochron ages of Yanjiadian rock mass

闫家店灰色—灰白色片理化、糜棱岩化石英闪长岩，结构为粗糜棱结构及半自形粒状结构，块状及平行片理化定向构造。主要矿物斜长石 45%、钾长石 20%、石英 15% 和黑云母 20%。石英中常见重结晶和亚颗粒构造。岩石普遍发生糜棱岩化和碎裂化，变形作用明显，定向性构造发育，变质程度达绿片岩相。

长沟河灰白色片麻状中粗粒石英闪长岩，半自形粒状结构，片麻状构造。斜长石 78%、黑云母 10%、石英 5% 普通角闪石 5%。岩石中黑云母条带局部发生了复杂的褶曲，定向性构造发育，变质程度达绿片岩相。

2.2 中元古代变质花岗岩类

中元古代变质花岗岩类展布严格受区域性大断裂控制，多以窄条带状 NWW—SEE 展布，岩体围岩为早元古代陇山岩群。岩体边界多以韧性剪切带、糜棱岩带围限。岩石经历了强烈的变形和变质作用，主体以片麻状构造为特色（这大概也是前人将其归陇山岩群等变质地层的原因），常见复杂的片理化、糜棱岩化和拉伸线理，其间的长英质等脉体已发生了复杂的不协调褶皱；与陇山岩群侵入关系清楚，在变质花岗岩中有陇山岩群大理岩的捕掳体，在岩体与围岩接触带附近的变质地层一侧，见岩体呈细脉状、岩枝状贯入的变质地层中，并同变质地层一起发生了复杂的褶皱形变。岩体变质低于陇山岩群，总体达高绿片岩相-低角闪岩相。岩体内部残存部分原始岩浆组构，但无法识别出不同期次的岩浆活动。于恭门南罗家沟一带花岗片麻岩中获得全岩 Sm-Nd 同位素年龄为 1 460±32 Ma，时代为中元古代。

元滩河暗灰色糜棱岩化细粒黑云二长花岗岩，糜棱结构及交代结构，片状及片麻状构造。主要矿物微斜长石 30%、斜长石 35%、石英 30%、黑云母 5%。石英碎裂化和亚颗粒构造发育；黑云母棕色，片状，略有定向排列，局部集中，多已绿泥石化。岩石内片麻理置换强烈，褶皱发育，定向性构造极为发育，变质程度达角闪岩相。

范家渠深灰色细粒闪长岩，糜棱结构及半自形粒状结构，片状及片麻状构造。其中，斜长石 60%、普通角闪石 40%，石英少量。石英碎裂化和亚颗粒构造发育。岩体内片麻理置换强烈，褶皱发育，定向性构造极为发育，变质程度达角闪岩相。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2　站沟门岩体 Sm-Nd 年龄同位素分析结果

Tab. 2　Sm-Nd dating of Zhangoumen rock mass

样号	Sm (10^{-6})	Nd (10^{-6})	$^{147}Sm/^{144}Nd$	$(^{143}Nd/^{144}Nd)$
13-1	2.537 1	12.948 6	0.118 5	0.512 102
13-2	4.162 5	18.551 8	0.135 6	0.512 265
13-3	5.010 9	27.197 4	0.111 4	0.512 033
13-7	2.386 3	11.169 7	0.128 6	0.512 198
13-8	3.229 95	16.597 9	0.120 2	0.512 120
13-9	2.775 0	14.651 3	0.114 5	0.512 063

注: 数据由天津地质矿产研究所测试。

站沟门片麻状黑云二长花岗岩- 花岗闪长岩类, 岩石呈浅灰-灰色, 片麻状—条带状构造, 粗粒花岗结构, 斜长石含量 25%～ 30%, 具环带结构; 板状微斜长石 5%～ 15%; 石英 5%～ 25%, 见与长石的文象交代结构及蠕英结构; 阳起石、角闪石含量 20%～ 40%。呈板状, 见筛状结构及少量黑云母。岩石内片麻理置换强烈, 褶皱发育, 变质程度达角闪岩相。因同岩异化作用之改造, 形成片麻理, 间或见有分异条带, 定向性构造极为发育, 变质程度达角闪岩相。

在近年的地质调查中, 笔者等对本区花岗岩类进行了较多的岩石化学、稀土及微量元素地球化学的分析测试, 有关数据见表 3～ 5。

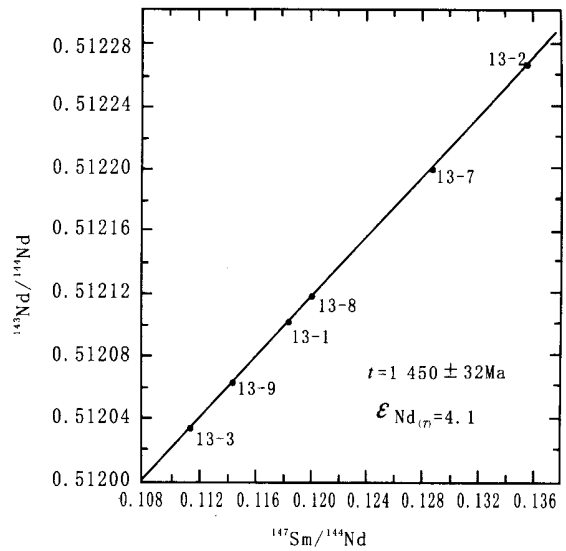


图 3　站沟门岩体 Sm-Nd 等时年龄

Fig. 3　Sm-Nd isochron ages of Zhangoumen rock mass

3　地球化学特征

表 3　天水渭北地区岩石地球化学数据表 (w_B%)

Tab. 3　Chemical compositions of granitoids from north area of Weihe river, Tianshui

序号	岩　性	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	CO_2	LOI	Total
1	闫家店片理化闪长岩	70.01	0.28	15.38	1.24	0.74	0.03	0.74	1.34	4.56	4.72	0.1	0.58	0.7	100.4
2	闫家店片理化闪长岩	59.12	0.82	15.92	2.38	4.52	0.09	2.33	4.58	3.91	4.15	0.29	1.74	0.1	99.95
3	长沟河片麻状花岗闪长岩	59.64	0.77	16.03	1.66	3.36	0.11	2.79	4.07	3.7	4.9	0.3	1.28	1.08	99.69
4	长沟河片麻状二长闪长岩	52.96	1.12	15.72	4.01	5.35	0.12	6.04	9.16	1.25	1.25	0.31	0.76	0.2	98.25
5	长沟河片麻状二长花岗岩	63.06	0.52	17.55	0.89	3.09	0.06	1.95	4.69	5.6	1	0.16	0.57	0.38	99.52
6	元滩河片麻状二长花岗岩	65.54	0.70	15.23	2.58	2.09	0.06	0.95	1.64	3.88	5.35	0.19	0.64	0.92	99.77
7	元滩河片麻状二长闪长岩	53.16	1.16	14.84	2.03	7.35	0.11	5.52	6.69	3.14	2.53	0.15	0.38	2.16	99.22
8	元滩河片麻状二长花岗岩	65.34	0.46	16.19	1.10	2.38	0.06	1.58	3.31	4.98	2.54	0.14	0.47	1.05	99.6
9	元滩河片麻状二长花岗岩	63.12	0.64	14.59	1.10	5.14	0.10	2.90	3.29	3.52	3.28	0.11	0.62	1.68	100.0
10	站沟门片麻状花岗闪长岩	58.14	0.74	13.3	1.5	5.22	0.1	6.04	8.53	2.59	2.24	0.23	0.82	0.48	99.93
11	站沟门片麻状二长花岗岩	64.76	0.6	13.32	2.08	4.7	0.15	3.66	4.7	2.55	2.4	0.15	0.24	0.66	99.97

注: 样品由宜昌地质矿产研究所采用湿法分析。

闫家店岩体以碱性、A 型为特色, 长沟河岩体以钙碱性为主。元滩河及站沟门岩体以碱性、I 型为特色 (图 4、5)。在 Na_2O-K_2O 成因分类图解上, 多数样品位于大陆花岗岩区或大陆花岗岩与大陆拉斑玄武岩过渡区 (图 6)。在 A/MF-C/MF 源岩分类图解上, 岩体源岩位于基性岩局部熔融区 (图 7), 对比可知源岩成分与祁连地块的基底中基性火山岩有相似性。

尽管利用花岗岩的岩石化学数据进行构造环境的投图判别时, 常常遇到多解性, 但作者们的尝试结果证实, 包括 Pearce[8] 的大离子亲石元素分布模式图等多种图解多数显示震旦纪岩体以碰撞期后花岗岩为特色, 而中元古界花岗岩具有板块碰撞前花岗岩特色 (图 8)。即从元古代到震旦纪, 花岗岩显示出碰撞造山-碰撞后抬升的重要发展过程。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 4 天水渭北地区微量元素地球化学数据表 (10^{-6})

Tab.4 The trace elements content of granitoids from north area of Weihe river, Tianshui

序号	Ba	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Th	Ga	Ni	Cr	Hf	Sc	Ta	Co	Be	W	Sn	Mo	Bi
1	1335	100	725	11.00	130	7.3	11			50	3.2	4.5	0.8						
2	820	219	550	30.00	4.2	13.6	19.5			49	8.9	16	1.6						
3	1220	136	570	32.00	230	8.7	19			41	5	15	1.2						
4	1110	150	620	14.00	140	9.2	17			45	3.3	6	1.3						
5	1050	13.9	17.2	8.17	10.0	6.7	32.9	0.3	0.01	1140	2.7	7.3	8.0	1.5	0.8	2.2	88	2.5	1.2
6	1325	9.1	5.8	36.6	6.8	10.4	156	0.4	0.04	295	11	7.4	22	4.8	2.0	2.0	465	11	30.3
7	280	140	116	20.4	33.4	22.4	147	0.3	0.04	460	4.9	25	18	3.4	5.6	1.1	190	4.9	16.2
8	1030	9.1	7.3	9.28	8.5	13.0	103	1.7	0.06	1050	3.9	6.5	20	3.1	21	0.58	97	3.9	5.7
9	590	60.1	31.3	36.1	15.7	17.5	106	0.3	0.04	460	6.2	15	23	2.6	4.0	3.4	210	6.2	36.6
10	380	85	200	28.00	160	11.9	12.2			145	4.2	20	1.2						
11	190	29	180	36.00	87	5.6	7.5			106	2.2	52	0.6						

注: 样品编号同岩石化学一览表序号, 样品由宜昌地质矿产研究所采用 ICP-MS 分析。

表 5 天水渭北地区稀土元素地球化学数据表 (10^{-6})

Tab.5 REE data of granitoids from north area of Weihe river, Tianshui

序号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	LREE	HREE	总量	LREE/HREE	δEu
1	6.82	13.9	1.81	5.76	1.39	0.21	1.33	0.01	1.02	0.09	0.18	0.11	0.19	0.09	29.970	14.020	43.990	2.138	0.466
2	20.3	417	5.48	19.4	3.62	0.57	3.24	0.06	1.59	0.20	0.60	0.16	0.57	0.14	90.990	36.560	127.550	2.489	0.499
3	23.4	35.8	4.73	17.1	2.66	0.62	3.04	0.06	1.96	0.56	1.69	0.19	11.2	0.18	84.360	50.910	135.270	1.657	0.665
4	11.0	14.8	2.29	8.14	1.25	0.40	1.54	0.03	1.32	0.26	0.80	0.16	0.76	0.11	37.910	18.980	56.890	1.997	0.881
5	13.8	23.0	2.37	15.3	2.56	0.85	2.18	0.36	1.83	0.35	0.87	0.14	0.88	0.12	57.880	14.900	72.780	3.885	1.074
6	169	272	22.8	93.4	15.9	1.73	9.74	1.65	9.65	1.75	4.53	0.73	3.51	0.46	574.830	68.620	643.450	8.377	0.395
7	33.0	58.4	6.13	24.3	5.16	1.13	4.11	0.78	5.35	0.94	2.77	0.43	2.06	0.24	128.120	37.080	165.200	3.455	0.726
8	20.9	38.4	3.42	17.2	2.96	0.91	2.34	0.34	2.17	0.37	1.02	0.16	1.23	0.17	83.790	17.080	100.870	4.906	1.023
9	98.4	162	14.0	57.4	11.2	1.32	7.84	1.25	8.22	1.65	4.46	0.70	4.38	0.56	344.320	65.160	409.480	5.284	0.410
10	15.2	18.1	2.37	7.08	1.42	0.20	1.21	0.03	0.48	0.05	0.18	0.03	0.16	0.03	44.370	30.170	74.540	1.471	0.455
11	2.72	4.72	0.87	2.99	0.56	0.14	0.58	0.01	1.49	0.30	0.91	0.17	1.01	0.18	12.000	40.650	52.650	0.295	0.745

注: 样品编号同岩石化学一览表序号, 样品由宜昌地质矿产研究所采用 ICP—MS 分析。

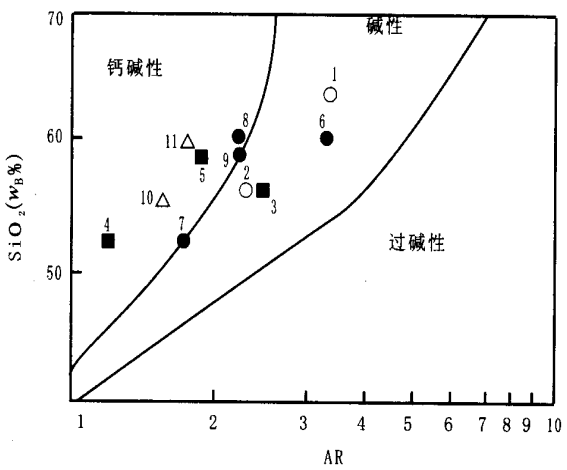


图 4 花岗岩 SiO_2-碱度图解[6]

Fig.4 SiO_2-alkalinity diagram of granitoids

AR = $(Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)/(Al_2O_3 + CaO + Na_2O - K_2O)$

分子比: 图上投点序号同表 3 样品编号, 下同

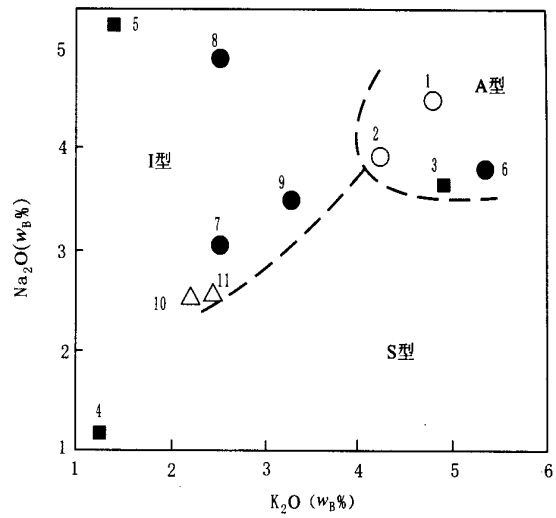


图 5 花岗岩 Na_2O-K_2O 图解[6]

Fig.5 Na_2O-K_2O diagram of granitoids

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

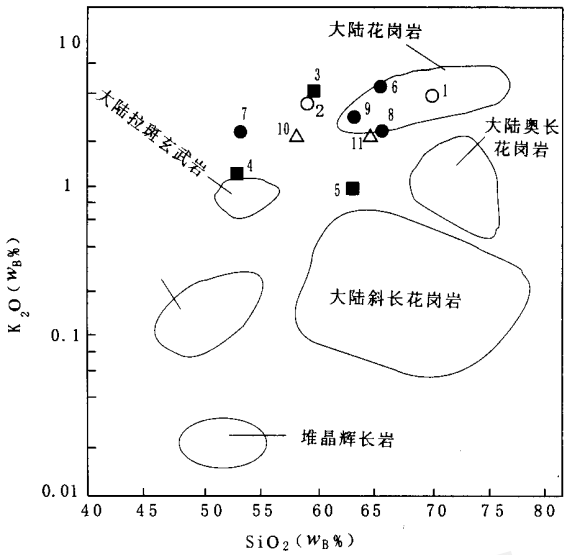


图 6　花岗岩 SiO_2-K_2O 图解[7]

Fig. 6　SiO_2-K_2O diagram of granitoids

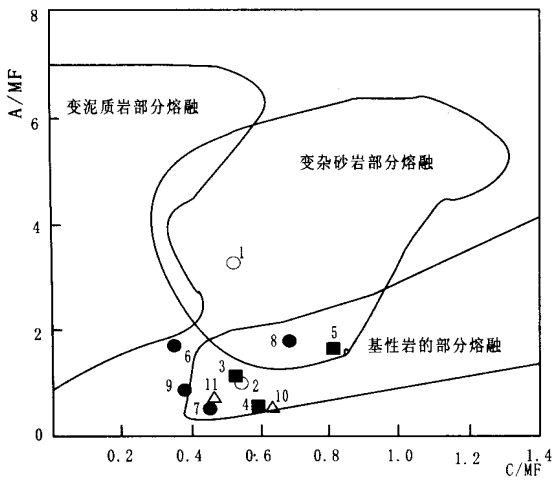


图 7　花岗岩 A/MF-C/MF 图解[7]

Fig. 7　A/MF-C/MF diagram granitoid

A/FM = Al_2O_3/ [MgO] + [FeO_{tot}] (分子比)

C/FM = CaO/ [MgO] + (FeO_{tot}) (分子比)

结合区域地质构造背景资料分析可知, 古元古代陇山岩群下部为类复理石陆源碎屑岩-碳酸盐岩, 是本区的结晶基底建造; 上部基性火山岩地球化学显示大陆裂谷拉斑玄武岩—裂谷碱性玄武岩特色[2]。中新元古界葫芦河群火山岩总体表现为以大洋玄武岩为主, 并有与大陆裂谷玄武岩过渡之特色。同样, 用 R_1-R_2 构造环境图解落入碰撞和抬升区

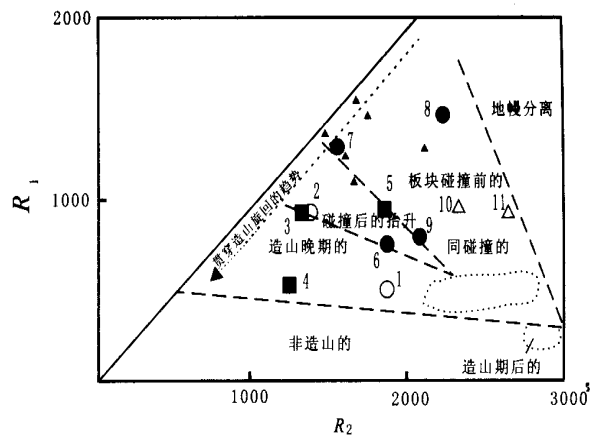


图 8　花岗岩 R_1-R_2 构造环境图解[9]

Fig. 8　R_1-R_2 tectonic environments discrimination diagram of granitoids

R_1= 1000 [4Si- 11 (Na+ K) - 2 (Fe+ Ti)], (阳离子数)

R_2= 1000 [6Ca+ 2Mg+ Al], (阳离子数)

实心黑三角为葫芦河群火山岩投点, 投点数据依据参考文献[2]

(图 8)。大离子亲石元素分布模式图上与震旦纪花岗岩极为相似[2]。中、新元古代地层记录了本区由大陆边缘向岛弧及洋中脊演化这一重要信息。

综合分析本区的构造演化史, 中元古代早期为过渡性结晶基底形成期, 以大陆边缘沉积为特征。其后在此过渡性结晶基底上发生局部熔融, 形成了以站沟门为代表的中元古代中晚期花岗岩类。在新元古代早期, 由大陆边缘向岛弧和洋盆环境转变, 形成了葫芦河群玄武岩等建造组合。震旦纪碰撞造山导致岛弧和洋盆消亡, 以闫家店为代表的闪长岩即是在碰撞造山—碰撞后抬升这一过程形成的。

4　结论

天水渭北地区识别出的变质花岗岩类, 主要成岩期为中元古代和震旦纪, 前者为片麻状花岗岩-花岗闪长岩, 后者为片理化 (弱片麻状) 石英闪长岩。这些变质花岗岩类, 为研究本区的岩浆事件和构造环境提供了十分重要的信息。中元古界的花岗岩类是在本区可识别出的最早岩浆事件。这些岩浆事件显示, 本区为板块碰撞前过渡性结晶基底上局部熔融花岗岩类。震旦纪花岗岩类与板块碰撞作用密切有关, 是碰撞造山—碰撞后抬升这一过程形成的花

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

岗岩类，即天水渭北地区所在的祁连地块与其南的秦岭地块在早古生代发生碰撞。花岗岩类是记录祁连地块与秦岭地块碰撞的重要证据。

参考文献:

[1] 张二朋，牛道韫，霍有光，等．1∶100 万秦岭-大巴山及邻区地质图及说明书[M]．北京：地质出版社，1992.

[2] 张维吉，孟宽恂，胡建民，等．祁连—北秦岭造山带结合部位构造特征与造山过程[M]．西安：西北大学出版社，1994.

[3] 霍福臣，李永军．西秦岭造山带的建造与地质演化[M]，西安：西北大学出版社，1996.

[4] Huofuchen, Liyongjun. Geological evolution of the West Qinling orogenic Belt [J]. Acta geological Gansu, 1996 (5): 1, 1-24.

[5] Liyongjun, Huofuchen. Tectonic-genetic types of the intrusive rocks in the eistern part of West Qinling [J]. Acta geological Gansu, 1996 (5) 1: 47-66.

[6] 高秉章，洪大为，郑基俭，等．花岗岩类区 1∶5 万区域地质填图方法指南[M]．武汉：中国地质大学出版社，1991.

[7] 肖庆辉，邓晋福，马大全，等．花岗岩研究与思维方法[M]，北京：地质出版社，2002.

[8] Pearce A J etc. Trance element discriminiation diagram for the tectonic interpretation of granitic rocks [J]. Journal of petrology, 1984, 25: part 4, 956-983.

Geological features of the metamorphic granitoids in the north area of Weihe river in Tianshui, Gansu

LI Yong-jun, LI Zhu-cang, FU Guo-ming, Li ying

(*School of Earth Science and Land Resource, Chang'an University, Xi'an* 710054, *China*)

Abstract: The north area of Weihe River is located in the joint of the Qilian-North Qinling orogenic belt. Based on studying in detail of the petrology, contact relation, deformation, metamorphism and so on, the metamorphic granitoids can be recognized and brokenup from metamorphic terrane. The main diagenetic stage and relevant rock types are the Middle Proterozoic assemblage of gneissoid granodiorite-adamellite and the Sinian schistosity diorates. The important information about the tectonic environments was obtained from the discrimination diagram. The Middle Proterozoic granitoids was an intraplate type producted in transitinal crystalline basement before plate collision. The Sinian granitoids are immediately related the plate collision, they were formed in the plate collision mounain-building period-post collision elevation period. The important evidence of plates collision of the granitoids are recorded between Qilian and North Qinlingin.

Key words: metamorphic granitoids; geological features; tectonic environments; north area of Weihe river; Tianshui region in Gansu province

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net