

# 西秦岭二长花岗岩岩体群同源性研究

彭 璇

(中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054)

**摘 要:** 对西秦岭二长花岗岩岩体群 (又称“五朵金花”) 的岩体地质、岩相学及地球化学等方面的研究表明: 5 个岩体均具有较为清晰的侵入顺序: 早期为闪长岩浆侵入, 中期和晚期为二长花岗岩浆侵入, 分别形成黑云二长花岗岩和二云二长花岗岩侵入体, 其岩性成分表现为从早至晚从偏基性→偏酸性演化特征; 从每个岩体来讲, 显示出由东向西变细的矿物粒度变化和由北面向南成分逐渐变酸的特点。早期样品为高钾钙碱系列和钾玄岩系列, 中期样品主要为钾玄岩系列, 而晚期样品主要集中于高钾钙碱系列。早期次样品落入钾质和钠质的过渡区, 中期和晚期样品则多数落入钾质区。各岩体组成具有相似的稀土和微量元素分布特征, 在球粒陨石标准化稀土元素配分图上, 轻稀土富集, 具有中等亏损的负 Eu 异常。岩体 Rb-Sr 同位素年龄值介于 181~232.9 Ma, K-Ar 同位素年龄值介于 178~248.8 Ma, ANKC 值大多小于 1.1, 属过铝质花岗岩。该岩体群具有喜马拉雅岩型花岗岩的特征, 具有同源岩浆的特点。

**关键词:** 西秦岭; 二长花岗岩岩体群; 同源性; 喜马拉雅型花岗岩; 岩体年代

**中图分类号:** P58      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1009-6248(2013)01-0063-18

## Reserch on Homology for the Rock Group of Monzonite Granite in the Western Qinling

PENG Xuan

(Xi'an Center of Geological Survey, CGS, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** The homology of the rock mass is analyzed according to the geology, petro-graphic and geochemical along the rock group of adamellite in the western Qinling (commonly called as “Five golden flowers”). It shows that the invasion sequence is clear. The rock mass includes diorite in early phase, biotite adamellite in the metaphase, two-mica monzonitic granites in the late stage. The intrusion has an evolution trend from acidic to alkali with rock forming episode. In the space, the longitudinal lithology is consistent overall, and the structure become thinner from east to west; the transverse structure is similar and the composition is more partial acid to the south. The rock group from the old to the new, they are from the potassium and sodium transition area to potassium, belonging to shoshonitic series and high-K calc-alkaline series. They have similar geochemical features. The REE diagram of the Chondrite-normalized show that they are rich in LREE, and evidently depleted in Eu. The adamellite is formed at 181-232.9Ma (by Rb-Sr) and 178-248.8Ma (by K-Ar). Meanwhile, the value of the ANKC is lower than 1.1, with peraluminous granite. They are Himalayan-type granite. Research shows that the rock group of adamellite has homology.

**Key words:** Western Qinling; rock group of monzonite granite; homology; Himalaya-type granite; age of the rock

收稿日期: 2012-02-18; 修回日期: 2012-12-20

基金项目: 西安地质调查中心“秦岭成矿带基础地质综合研究”工作项目, 中国地质调查局项目 (1212010010503)

作者简介: 彭璇 (1984-), 女, 甘肃天水人, 硕士, 从事构造地质学方面的研究。E-mail: pengxuan2007@163.com

西秦岭二长花岗岩岩体群, 由 5 个二长花岗岩岩体组成, 分别为吴茶坝岩体、柏家庄岩体、碌碡坝岩体、教场坝岩体和阎井岩体, 又称“五朵金花”(殷先明等, 2005)。因 5 个岩体周边发现多个大中型金矿而得名, 如李坝金矿、马泉金矿、岷化金矿、金山金矿等(温志亮等, 2008; 李智峰等, 2011)。许亚玲等(2006)根据岩体群侵入的围岩、岩浆岩的岩性、区域异常特征均相似而认为该岩体群为同源、同期侵入体。李永军等(1993)认为柏家庄、吴茶坝、碌碡坝三大岩体尽管成岩时间相近, 但空间上并不互相连续, 演化序列单向性也不同, 且化学成分、稀土配分、野外包体特征等均存在差异, 故属 3 个岩浆源。

目前, 该岩体群是否具有同源性尚存在争议。岩浆同源关系的实质是在一定空间和时间条件内形成的花岗岩类来源于共同的母岩浆房, 源区是否相似为根本, 判别的依据有: 野外时间关系、岩石结构及矿物形态的相似性、包体形态及数量的相似性、岩墙组合的相似性、地球化学及年代学的证据(高秉璋等, 1991)。基于此, 笔者通过进一步研究西秦岭二长花岗岩岩体群的岩体地质、岩相学、地球化学、年代学等方面的特征, 对该岩体群是否具有同源性做出判断, 以便更直观地认识其物质来源, 对找矿工作更全面地开展有指导意义。

## 1 区域地质背景

“五朵金花”二长花岗岩岩体群位于甘肃省东南部之秦岭山区, 行政区划属甘肃省陇南市宕昌县、礼县以及天水市武山县。大地构造位置位于秦岭成矿带的西段, 南秦岭的北带, 属中央造山带中段, 是秦岭造山带与祁连造山带的接合部位。研究区地层分区包括中泥盆统舒家坝群、泥盆系西汉水群(黄家沟组、红岭山组)、上泥盆统大草滩组、下石炭统巴都组、上石炭统下加岭组、下二叠统十里墩组、中二叠统大关山组。它们普遍经历了较强的构造变形作用, 发育低绿片岩相绢云母-绿泥石级的低级区域变质作用, 原生层理保存较好。

研究区侵入岩较为发育。其中, 合作-岷县侵入岩带分布于合作-岷县断裂带北侧的双石门-阎井乡地区, 总体呈北西向分布于临夏-漳县断裂与临潭-岷县断裂之间。印支-燕山期花岗岩沿南北

断裂带两侧及其所夹的区域内多期多阶段侵入, 形成二长花岗岩体群, 岩体普遍具有多期次特征, 岩性成分有黑云母花岗闪长岩, 灰白-肉红色细粒-中粗粒黑云母二长花岗岩。

西秦岭礼县-岷县盆地是晚古生代以来发育在秦岭微板块北缘被动陆缘之上的前陆盆地。随着其不断演化, 五朵金花二长花岗岩体群历经了构造形变(程彧等, 2001): 东西、北西、北西西向破碎带、节理带广泛发育为特征的印支期逆冲推覆、剪切和造山后伸展作用。印支期秦岭地区全面造山, 在反时针走滑断裂影响下, 区域上自南向北逆冲推覆, 形成以东西向为主体的构造脊线。根据同位素年代资料, 早期形成吴茶坝岩体, 之后在东北向和北西向断裂联合作用下, 依次形成柏家庄、碌碡坝、教场坝和阎井岩体。

## 2 岩体地质及岩相学特征

### 2.1 岩体地质特征

吴茶坝岩体(图 1)也称中川岩体, 位于甘肃省礼县境内, 面积约 210 km<sup>2</sup>(宋忠宝等, 1997; 卢哲等, 2003), 大地构造上处于天水-武山断裂之南、西秦岭礼县盆地中部, 山阳-凤镇断裂在进入礼县地区后分为南北两支: 礼县-罗坝-锁龙口断裂和礼县-洮坪断裂, 吴茶坝复式岩体沿着两大断裂入侵(李宏卫等, 2011), 侵入于上泥盆统大草滩组(Dd<sup>1</sup>)及中石炭统巴都组(Cb)中。外接触蚀变带, 一般见有宽达 1 km 以上的角岩带, 在西部角岩带宽可达 2~2.5 km, 并见有透闪绿帘角岩(绿帘石和透闪石占 70%~80%)及黑云母角岩。其他蚀变为硅化和见有黄铁矿化, 在吴茶坝附近还见有绢云母化和碳酸盐化。

吴茶坝复式岩体各侵入体在平面上呈同心环状分布, 由外向内(亦是由老到新)依次为徐家坝中细粒黑云二长花岗岩→张家庄中粒似斑状黑云二长花岗岩→关地沟细粒含斑黑云二长花岗岩侵入体。它们之间均呈脉动接触。一般特征是二侵入体接触面呈港湾状, 在较早的侵入体一侧有时可见到晚期侵入体呈脉状侵入, 在较晚的侵入体一侧发育冷凝边, 有时可见到早期侵入体的捕虏体。

柏家庄岩体(图 2)位于甘肃省岷县、礼县地区(许亚玲等, 2006), 出露面积约 150 km<sup>2</sup>, 侵

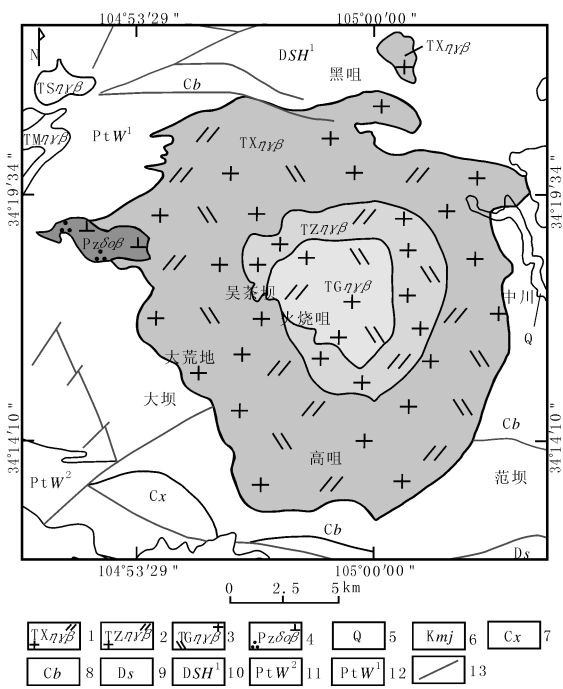


图1 吴茶坝岩体地质简图

(据甘肃省地质调查院, 2007. 图2-5与此同)

Fig. 1 Sketch map showing of the rock of Wuchaba area

1. 徐家坝黑云母二长花岗岩; 2. 张家庄似斑状黑云母二长花岗岩; 3. 关地沟含斑黑云母二长花岗岩; 4. 张家山黑云母石英闪长岩; 5. 第四纪地层; 6. 上白垩统麦积山组; 7. 下石炭统下加岭组; 8. 下石炭统巴都组; 9. 上泥盆统双狼沟组; 10. 中泥盆统舒家坝群; 11. 中元古界吴家山岩群上岩组; 12. 中元古界吴家山岩群下岩组; 13. 断裂

入地层为中石炭统巴都组(Cb)(温志亮, 2008)。呈岩基产出, 围岩蚀变明显, 在内接触带有云英岩化、电气石化、钠长石化、萤石化等。外接触带中, 主要见有角岩化, 在西部和西南较宽, 一般达800~1 500 m。产出岩石有黑云母角岩、透辉石角岩等, 其次有硅化、矽卡岩化。岩体中, 该岩体与围岩接触面的产状总体为似馒头状向四周倾斜, 但北部倾角较陡, 南部和西部倾角较缓。有两组节理较为发育。

柏家庄岩体早期岩浆结晶, 形成石庵子细粒黑云母二长花岗岩侵入体, 后期岩浆上侵于早期岩浆边缘裂隙, 逐渐冷凝成岩, 形成磨背后细粒二云母二长花岗岩侵入体、鹦歌沟中细粒二云母二长花岗岩侵入体。柏家庄复式岩体就位之后, 由于分异的残余岩浆再次活动, 在区域上形成了一次较有规模的伟晶岩脉的贯入, 表现为柏家庄复式岩体所有侵入体裂隙中均有伟晶岩脉的贯入, 且穿切前期细晶

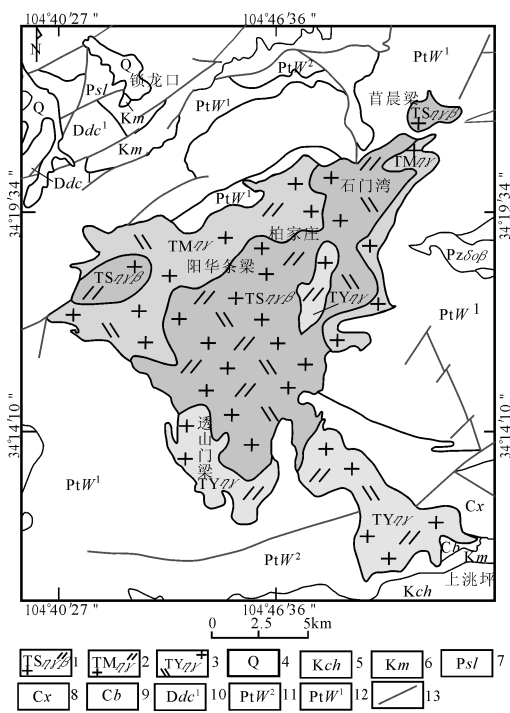


图2 柏家庄岩体地质简图

Fig. 2 Sketch map showing of the rock of Bojiazhuang area

1. 石庵子黑云母二长花岗岩; 2. 磨背后二云母二长花岗岩; 3. 鹦歌沟二云母二长花岗岩; 4. 第四纪地层; 5. 上白垩统车拉组; 6. 下白垩统磨沟组; 7. 下二叠统十里墩组; 8. 上石炭统下加岭组; 9. 下石炭统巴都组; 10. 上泥盆统大草滩组; 11. 中元古界吴家山岩群上岩组; 12. 中元古界吴家山岩群下岩组; 13. 断裂

花岗岩脉。

碌碡坝岩体(图3)位于甘肃省陇南市宕昌和礼县交界的碌碡坝东部地区, 出露面积约170.8 km<sup>2</sup>(欧春生等, 2010), 呈一不规则岩基形态出露(张旗等, 2010)。岩体与围岩接触带, 普遍发生了热力变质作用, 一般宽500~1 000 m, 主要表现为角岩化及大理岩化。在岩体南部形成了石榴子石、透辉石、矽卡岩。角岩化主要形成堇青石角岩、黑云母角岩及透辉阳起石角岩。在岩体的东部、南部及西南部中普遍见有暗灰色深源包体及围岩捕虏体。捕虏体常见的有黑云母角岩、角岩化砂岩及板岩, 分布于岩体的边缘, 与花岗岩接触界线明显, 一般交代蚀变不强, 保存有岩石的残余层理。暗灰色深源闪长岩包体, 细粒结构, 形态复杂, 一般多为浑圆状和扁圆状, 但也有呈长条状和

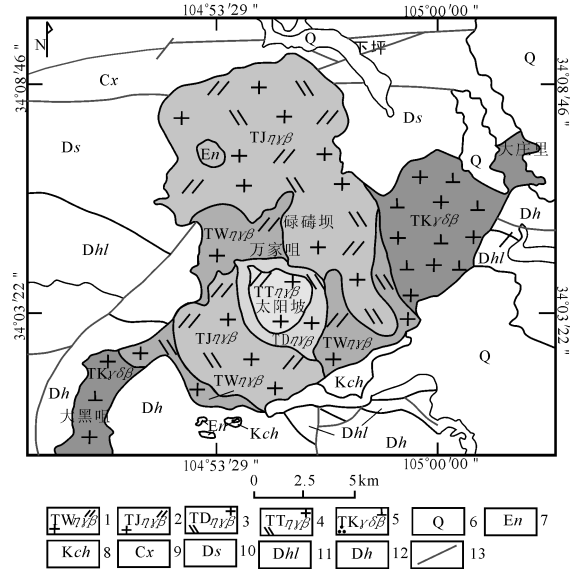


图 3 碌碡坝岩体地质简图

Fig. 3 Sketch map showing of the rock of Luzhouba area

- 1. 五和湾似斑状黑云二长花岗岩; 2. 贾家山似斑状黑云母二长花岗岩; 3. 大石湾含斑黑云二长花岗岩; 4. 太阳坡含斑电气石黑云二长花岗岩; 5. 康家沟黑云母花岗闪长岩; 6. 第四纪地层; 7. 古近纪地层; 8. 上白垩统车拉组; 9. 上石炭统下加岭组; 10. 上泥盆统西汉水群双狼沟组; 11. 上泥盆统西汉水群红岭山组; 12. 中泥盆统西汉群黄家沟组; 13. 断裂

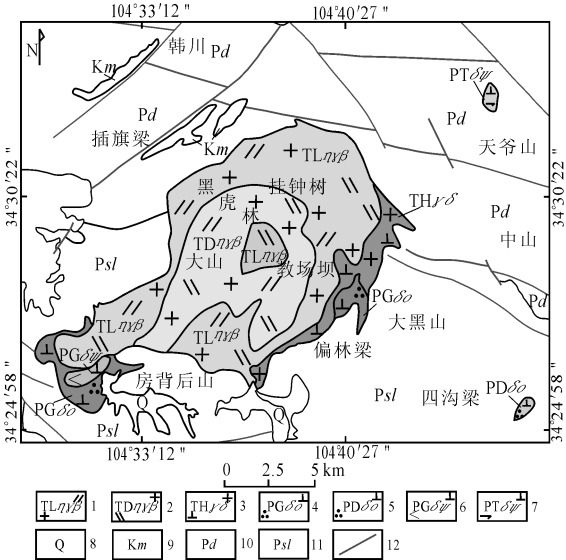


图 4 教场坝岩体地质简图

Fig. 4 Sketch map showing of the rock of Jiaochangba area

- 1. 笼床崖含斑黑云母二长花岗岩; 2. 大草湾似斑状黑云母二长花岗岩; 3. 黑沟梁含斑花岗闪长岩; 4. 苟大沟石英闪长岩; 5. 大东沟石英闪长岩; 6. 苟大沟含辉石闪长岩; 7. 天金山角闪闪长岩; 8. 第四纪地层; 9. 下白垩统磨沟组; 10. 中二叠统大关山组; 11. 下二叠统十里墩组; 12. 断裂

多角状的，大小不等，一般为 3 cm×10 cm，最大达 150 cm×40 cm，在排列上无规律，分布在岩体内。

碌碡坝复式岩体内各侵入体在平面上大体呈环带状分布，由外向内（亦是由老到新）为康家沟中细粒黑云母花岗闪长岩→五和湾中细粒似斑状黑云母二长花岗岩→贾家山中粒似斑状黑云母二长花岗岩→大石湾细粒含斑黑云母二长花岗岩→太阳坡细粒含斑电气石黑云母二长花岗岩组成。各侵入体之间的接触关系均呈脉动接触。主要特征是在较早的侵入体有烘烤现象，有时有较晚期侵入体的岩脉侵入，晚期侵入体一侧发育有冷凝边，有时见早期侵入体的捕虏体。

教场坝岩体（图 4）位于岷县—漳县一带，呈岩基出露（温志亮，2008），面积约 120 km<sup>2</sup>，侵入地层为下二叠统十里墩组和中统大关山组，为不整合侵入接触。岩体与围岩为突变侵入接触，围岩普遍发生热力变质作用，形成宽 1~1.5 km 的角岩蚀变带，岩体的南部及西部形成黑云母空晶石角

岩、空晶石角岩。北部有条纹状透辉石角岩。在东部胭脂沟见有少量矽卡岩化大理岩。

教场坝复式岩体主要由 3 个侵入体组合组成，从老到新由黑沟梁中细粒含斑花岗闪长岩→笼床崖中细粒含斑黑云母二长花岗岩→大草湾中粗粒似斑状黑云母二长花岗岩侵入体组成。各侵入体之间均为脉动接触。

闫井岩体（图 5），出露面积 160.98 km<sup>2</sup>，主要由 3 个侵入体组合组成，从老到新由背后梁中细粒含斑黑云母二长花岗岩→大石头梁中粗粒黑云母二长花岗岩→葱滩似斑状黑云母二长花岗岩侵入体组成。各侵入体之间均为脉动接触。

背后梁单元由背后梁、寨子山两个侵入体归并组成，分布于背后梁、寨子山及其以南一带，呈不规则哑铃状、带状，侵入泥盆纪黄家沟组、红岭山组岩石地层。大石头梁单元由大石头梁、闸潮山两个侵入体归并组成，分布于大石头梁、闸潮山一带，呈较规则带状、斑块状，侵入泥盆纪黄家沟组岩石地层。葱滩单元为葱滩侵入体上升而成，分布

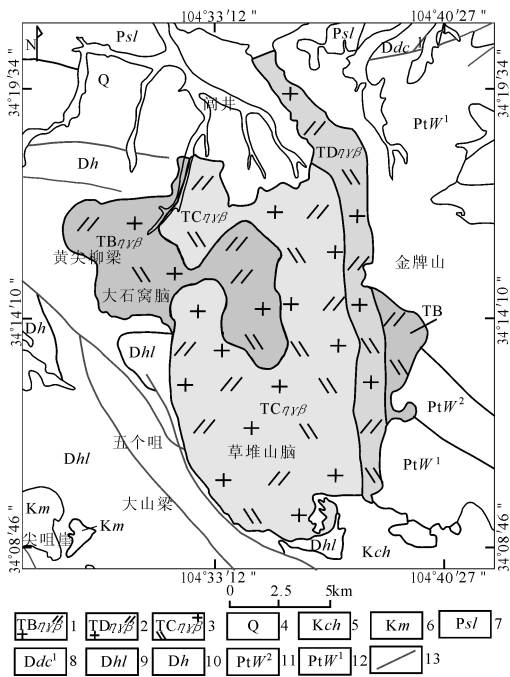


图5 吕井岩体地质简图

Fig. 5 Sketch map showing of the rock of Lvjing area

1. 背后梁含斑黑云母二长花岗岩; 2. 大石头梁黑云母二长花岗岩; 3. 葱滩似斑状黑云母二长花岗岩; 4. 第四纪地层; 5. 上白垩统车拉组; 6. 下白垩统磨沟组; 7. 下二叠统十里墩组; 8. 上泥盆统大草滩组; 9. 上泥盆统大草滩组; 10. 中泥盆统黄家沟组; 11. 中元古界吴家山岩群上岩组; 12. 中元古界吴家山岩群下岩组; 13. 断裂

于葱滩及其以北一带，呈不规则斑块状，侵入泥盆纪红岭山组。使围岩发生不同程度的热接触变质作用。

2.2 岩相学特征

中川岩体以黑云母二长花岗岩为主，岩体呈灰白-肉红色，细粒-中粒结构，主要矿物成分有：钾长石(40%~50%)，斜长石(20%~30%)，石英(25%~30%)，黑云母(5%~8%)，白云母(3%~8%)，斑晶以钾长石为主，石英次之，副矿物有磷灰石、锆石、褐帘石、独居石、电气石及榍石等。

柏家庄岩体以二长花岗岩为主，岩体呈灰白色，中细粒结构，主要矿物成分为，斜长石(15%~40%)，钾长石(15%~35%)，石英(15%~40%)，黑云母+白云母≤5%，斑晶为白云母<1%~2%，副矿物有磷灰石、锆石、白云母、石榴石及锐钛矿、白钛矿等。

碌碡坝岩体以黑云二长花岗岩为主，边部为黑

云母花岗闪长岩，岩体呈浅灰-灰白-肉红色，细粒-中粒结构，二长花岗岩主要矿物成分有：钾长石(25%~30%)，斜长石(30%~40%)，石英(25%~30%)，黑云母少量，钾长石斑晶少量但晶体大，副矿物有褐帘石、钼石、白钨矿、锆石、磷灰石、榍石、电气石等。花岗闪长岩主要矿物成分有斜长石(40%~60%)、黑云母、角闪石及钾长石等，副矿物有锆石、矽灰石等。

教场坝岩体以黑云母二长花岗岩为主，边部为花岗闪长岩，岩体呈浅灰-灰白色，中细粒-中粗粒结构，花岗岩主要矿物成分有：钾长石(10%~25%)，斜长石(30%~55%)，石英(20%~40%)，微斜长石(5%~10%)，黑云母(5%~30%)。斑晶主要为钾长石、石英和微斜长石斑晶。副矿物有磷灰石、锆石、榍石、褐帘石、钛铁矿、独居石、电气石等。花岗闪长岩主要矿物成分有：斜长石55%，石英12%，微斜长石12%，少量的黑云母和角闪石，含少量的微斜长石斑晶。副矿物有磷灰石、锆石、磁铁矿、独居石、石榴石、白云母等。

吕井岩体以黑云母二长花岗岩为主，呈灰白-肉红色，细粒-中粗粒结构，主要矿物成分有：钾长石(33%~45%)，斜长石(25%~42%)，石英(22%~30%)，黑云母(5%~7%)，斑晶含量为20%，以钾长石和石英为主。副矿物有磷灰石、锆石、榍石、褐帘石、白云母等。

3 岩石地球化学特征

中川岩体：SiO<sub>2</sub> 含量为 68.07%~72.07%，TiO<sub>2</sub> 含量为 0.25%~0.5%，Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量变化于 13.56%~15.6%，K<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O 含量分别为 3.34%~4.69%和 1.56%~4.15%，FeO 含量变化于 1.93%~2.64%，MgO 变化于 0.5%~1.6%，里特曼指数为 2.31~2.63，属钙碱性花岗岩类，在 K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> 图解中样品主体为高钾钙碱系列，一部分落入钾玄岩系列。铝饱和指数 A/CNK=1.11~1.72，为过铝质花岗岩。稀土总量高，为 125×10<sup>-6</sup>~199×10<sup>-6</sup>，(La/Yb)<sub>N</sub> 值变化于 10.64~20.82，轻稀土富集(表1~表3)。各样品均具有微弱负铕异常(δEu=0.56~0.91)。在原始地幔标准化的微量元素蛛网图中(图6-A)，表现出富

表 1 西秦岭二长花岗岩岩体群全岩主量元素( $w_b\%$ )地球化学分析结果

Tab. 1 Analytic result of major element( $w_b\%$ ) of the intrusion in the rock group of monzonite granite

| 岩体                             |       | 吴家坝岩体 |       |       |       |      |      | 柏家庄   |      |      |      | 碌碁坝  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 单元                             | 徐家坝   | 张家庄   |       | 关地沟   |       | 张家山  | 石庵子  | 磨背后   | 鹦歌沟  | 太阳坡  | 大石湾  | 五和湾  | 贾家山  | 康家沟  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
| 岩性                             | 花 岗 岩 |       |       |       |       |      | 内长岩  | 花 岗 岩 |      |      |      |      |      |      | 内长岩  |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
| SiO <sub>2</sub>               | 72.1  | 70.9  | 68.16 | 71.21 | 71.34 | 71.1 | 70.1 | 70.6  | 68.1 | 70.8 | 69.8 | 68.9 | 58.4 | 73.6 | 74.5 | 75   | 73.6 | 73.2 | 73   | 73.9 | 73.1 | 72.1 | 73.5 | 72.5  | 65.8 | 66.8 | 72.6 | 71.1 | 70.7 | 69   | 69.6 | 70.2 | 63.4  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.25  | 0.32  | 0.5   | 0.3   | 0.26  | 0.33 | 0.49 | 0.39  | 0.5  | 0.33 | 0.41 | 0.44 | 1.07 | 0.14 | 0.14 | 0.1  | 0.04 | 0.14 | 0.22 | 0    | 0.25 | 0.2  | 0.09 | 0.28  | 0.58 | 0.63 | 0.17 | 0.23 | 0.32 | 0.3  | 0.39 | 0.37 | 0.65  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 13.6  | 14.5  | 15.4  | 13.93 | 14.66 | 13.8 | 14.4 | 13.9  | 14.8 | 14.1 | 14   | 15.6 | 17   | 13.4 | 12.0 | 13.9 | 14.2 | 13.8 | 14.5 | 14.7 | 13.3 | 13.8 | 14.2 | 13.64 | 15.3 | 14.0 | 13.0 | 14   | 14.1 | 14.1 | 14.0 | 13.3 | 16.78 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.43  | 0.32  | 0.82  | 1.04  | 0.19  | 0.74 | 0.66 | 0.6   | 0.59 | 0.15 | 1.19 | 0.47 | 0.92 | 0.78 | 0.09 | 0.18 | 0.35 | 0.54 | 0.25 | 0.02 | 0.29 | 0.14 | 0.34 | 1.03  | 1.12 | 0.6  | 0.4  | 0.1  | 0.3  | 0.38 | 0.34 | 0.27 | 2.93  |
| FeO                            | 1.93  | 2.34  | 2.48  | 2.04  | 2.13  | 2.15 | 2.37 | 2.49  | 2.64 | 2.61 | 2.42 | 2.24 | 5.74 | 1.48 | 1.22 | 1.49 | 0.84 | 1.1  | 0.87 | 0.47 | 1.52 | 1.43 | 0.82 | 1.29  | 2.9  | 3.67 | 1.38 | 2.12 | 2.26 | 2.57 | 2.53 | 2.36 | 2.5   |
| MnO                            | 0.3   | 0.06  | 0.07  | 0.04  | 0.05  | 0.11 | 0.06 | 0.05  | 0.09 | 0.06 | 0.03 | 0.06 | 0.12 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.05 | 0.04 | 0.06 | 0.05  | 0.08 | 0.07 | 0.02 | 0.04 | 0.04 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.07  |
| MgO                            | 0.72  | 0.74  | 1.2   | 0.75  | 0.5   | 0.85 | 1.07 | 0.98  | 1.6  | 0.77 | 1.11 | 0.95 | 2.46 | 0.32 | 0.37 | 0.26 | 0.37 | 0.3  | 0.91 | 0.19 | 0.31 | 0.4  | 0.45 | 0.7   | 2.73 | 1.95 | 0.78 | 1    | 1.22 | 1.44 | 1.08 | 1.41 | 2.76  |
| CaO                            | 1.24  | 1.54  | 2.8   | 1.65  | 1.04  | 1.56 | 2.63 | 1.71  | 2.22 | 1.5  | 0.65 | 2.6  | 3.2  | 3.22 | 0.89 | 0.57 | 0.83 | 0.6  | 0.95 | 0.29 | 0.92 | 0.93 | 0.8  | 0.74  | 3.57 | 2.81 | 1.12 | 1.7  | 1.71 | 2.16 | 4.39 | 1.64 | 1.43  |
| Na <sub>2</sub> O              | 3.55  | 3.9   | 3.66  | 3.95  | 3.99  | 1.56 | 3.46 | 3.72  | 3.43 | 3.55 | 4.15 | 3.63 | 4.34 | 3.5  | 4.48 | 4.07 | 3.49 | 2.9  | 3.43 | 4.8  | 3.59 | 3.98 | 3.7  | 0.74  | 3.57 | 3.43 | 4.67 | 1.7  | 4.02 | 3.95 | 5.25 | 4.27 | 2.4   |
| K <sub>2</sub> O               | 4.65  | 4.61  | 3.73  | 4.15  | 4.7   | 3.72 | 3.34 | 4.41  | 4.69 | 4.52 | 4.38 | 3.83 | 3.38 | 4.28 | 5.01 | 4.23 | 5    | 5.22 | 4.95 | 4.47 | 5.66 | 6.04 | 4.92 | 3.49  | 3.44 | 4.41 | 5.73 | 4.12 | 4.41 | 5.34 | 3.24 | 5    | 3.68  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.09  | 0.14  | 0.21  | 0.1   | 0.12  | 0.43 | 0.19 | 0.17  | 0.12 | 0.15 | 0.11 | 0.17 | 0.48 | 0.3  | 0.08 | 0.08 | 0.1  | 0.1  | 0.07 | 0.11 | 0.07 | 0.09 | 0.08 | 3.55  | 0.14 | 0.1  | 0.09 | 4.75 | 0.12 | 0.13 | 0.35 | 0.13 | 0.16  |
| K/Na                           | 1.31  | 1.18  | 1.02  | 1.05  | 1.18  | 2.38 | 0.97 | 1.19  | 1.37 | 1.27 | 1.06 | 1.06 | 0.78 | 1.22 | 1.12 | 1.04 | 1.43 | 1.80 | 1.44 | 0.93 | 1.58 | 1.52 | 1.33 | 4.72  | 0.96 | 1.29 | 1.23 | 2.42 | 1.10 | 1.35 | 0.62 | 1.17 | 1.53  |
| K+Na                           | 8.20  | 8.51  | 7.39  | 8.10  | 8.69  | 5.28 | 6.80 | 8.13  | 8.12 | 8.07 | 8.53 | 7.46 | 7.72 | 7.78 | 9.49 | 8.30 | 8.49 | 8.12 | 8.38 | 9.27 | 9.25 | 10.0 | 8.62 | 4.23  | 7.01 | 7.84 | 10.4 | 5.82 | 8.43 | 9.29 | 8.49 | 9.27 | 6.08  |
| Fe*                            | 2.32  | 2.98  | 3.03  | 3.17  | 2.74  | 2.63 | 2.3  | 3.49  | 2.82 | 2.66 | 2.96 | 3.22 | 6.57 | 1.09 | 1.15 | 1.56 | 1.13 | 0.49 | 1.78 | 2.22 | 2.18 | 1.3  | 1.65 | 1.59  | 3.91 | 1.74 | 2.53 | 2.91 | 5.14 | 4.21 | 2.84 | 2.21 | 2.6   |
| Rittman                        | 2.31  | 2.6   | 2.17  | 2.33  | 2.66  | 0.99 | 1.7  | 2.39  | 2.63 | 2.34 | 2.71 | 2.15 | 3.88 | 1.96 | 2.85 | 2.16 | 2.36 | 2.19 | 2.34 | 2.78 | 2.84 | 3.45 | 2.43 | 0.61  | 2.15 | 2.58 | 3.65 | 1.2  | 2.57 | 3.33 | 2.71 | 3.17 | 1.81  |
| A/CNK                          | 1.13  | 1.13  | 1.22  | 1.12  | 1.16  | 1.72 | 1.23 | 1.11  | 1.16 | 1.16 | 1.15 | 1.25 | 1.24 | 1.01 | 0.88 | 1.18 | 1.19 | 1.27 | 1.22 | 1.13 | 1.03 | 0.99 | 1.17 | 2.41  | 1.19 | 1.08 | 0.87 | 1.59 | 1.09 | 0.99 | 0.87 | 0.95 | 1.82  |
| A/NK                           | 1.25  | 1.27  | 1.53  | 1.27  | 1.26  | 2.09 | 1.55 | 1.27  | 1.38 | 1.31 | 1.21 | 1.54 | 1.57 | 1.29 | 0.94 | 1.23 | 1.27 | 1.34 | 1.32 | 1.15 | 1.1  | 1.05 | 1.25 | 2.73  | 1.6  | 1.35 | 0.94 | 1.92 | 1.24 | 1.15 | 1.16 | 1.07 | 2.12  |
| 资料来源                           | 1     | 1     | 2     | 1     | 1     | 1    | 3    | 2     | 4    | 1    | 1    | 3    | 2    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 4     | 4    | 4    | 4    | 5    | 4    | 4    | 3    | 4    | 1     |

注:表 1~3 资料来源:1. 甘肃省地质调查院,2007;2. 霍福臣等,1994;3. 尚瑞钧等,1991;4. 甘肃省地质调查院,2007;5. 李永年等,2003;6. 温志亮,2008;7. 长安大学地质调查院,

续表 1

| 岩体                             | 教 场 坝          |                |                |           |                |                |                |                |                |                | 间 井            |                |                |                |      |
|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|
| 单元                             | 笼床崖            |                | 大 草 湾          |           | 黑 沟 梁          |                | 镁铁质包体          |                |                |                | 大石头梁           | 葱 滩            | 闪长岩包体          |                |      |
| 岩性                             | 花 岗 岩          |                | 花 岗 闪 长 岩      |           |                |                |                |                | 背 后 梁          | 花 岗 岩          |                |                |                |                |      |
| SiO <sub>2</sub>               | 73.4 73.4 73   | 71.8 71.3 64.7 | 71.8 71.3 69.4 | 63.4 69.4 | 71.8 66.6 64.7 | 64.8 64.2 66.5 | 60.6 58.9 57.8 | 56 59.6 56.8   | 57.8 62.1      | 76.2 64.2 58.9 | 60.2 75.7 72   | 66.2 66.6 77.2 | 72.9 71.5 70.1 | 57.9           |      |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.29 0.29 0.22 | 0.33 0.37      | 0.57 0.22      | 0.37 0.28 | 0.28 0.34 0.29 | 0.48 0.57 0.46 | 0.56 0.56 0.48 | 0.72 0.73 0.88 | 0.85 0.73 0.7  | 0.44 0.11 0.56 | 0.72 0.8 0.04  | 0.34 0.32 0.55 | 0.12 0.13 0.26 | 0.21 1.01      |      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 13.4 13.4 14.5 | 14.5 14.2      | 16.4 15.5      | 14.3 14.2 | 14.6 15.8 16.4 | 15.5 15.4 16.3 | 14.8 15.2 15.3 | 16.3 15.6 15.2 | 15.5 17.2      | 13.1 15.43     | 15.16 16.3     | 15.9 15.0 12.4 | 14.4 13.9 13.6 | 17.5           |      |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.7 0.7 0.25   | 0.87 1.06      | 1.53 0.36      | 1.06 0.95 | 0.95 1.18 0.06 | 1.38 1.53 2.17 | 1.21 0.99 2.18 | 1.16 3.61 7.15 | 0.65 3.89 3.98 | 1.71 0.56 1.21 | 1.16 3.55 0.03 | 0.54 0.82 1.45 | 0.27 1.35 1.18 | 0.92 1.93      |      |
| FeO                            | 1.19 1.19 0.87 | 1.38 1.22      | 2.4 1.22       | 1.78 2.34 | 2.34 2.02 2.71 | 2.48 2.4 2.98  | 2.76 2.78 5.9  | 5.3 3.42 1.53  | 5.41 3.4 3.14  | 3.01 0.44 2.76 | 5 2.49 1.25    | 1.85 2.63 2.65 | 1.22 0.43 1.15 | 2.26 4.63      |      |
| MnO                            | 0.07 0.07 0.07 | 0.06 0.07      | 0.11 0.07      | 0.07 0.08 | 0.08 0.05 0.06 | 0.12 0.11 0.13 | 0.09 0.06 0.12 | 0.09 0.1 0.1   | 0.11 0.12 0.1  | 0.1 0.03       | 0.089 0.094    | 0.06 0.05 0.09 | 0.02 0.09 0.06 | 0.08 0.04      | 0.16 |
| MgO                            | 0.92 0.92 0.91 | 0.75 1.29      | 1.78 0.49      | 1.29 1.02 | 1.02 0.91 0.68 | 1.36 1.78 2.15 | 3.18 1.44 5.16 | 5.64 5.29 4.98 | 5.08 4.81 1.88 | 0.2 3.18 5.64  | 3.51 0.24 0.83 | 1.83 1.19 0.27 | 0.21 0.34 1.19 | 3.04           |      |
| CaO                            | 1.2 1.2 0.98   | 2.05 1.82      | 3.2 2.01       | 1.82 1.97 | 2.01 1.79      | 2.05 3.5 3.69  | 3.77 3.28 4.05 | 5.66 6.83 7.24 | 6.77 6.99 5.37 | 4.28 0.9 3.77  | 5.65 3.5 0.33  | 1.86 3.1 3.22  | 0.76 0.33 1.34 | 1.48 4.62      |      |
| Na <sub>2</sub> O              | 3.8 3.8 3.48   | 3.68 3.65      | 3.8 3.97       | 3.66 3.73 | 3.73 3.57 3.62 | 3.53 3.8 3.66  | 3.49 3.85 3.53 | 3.05 3.29 3.24 | 3.32 3.33 3.81 | 3.97 3.03 3.49 | 3.05 3.58 4.12 | 3.13 3.82 3.5  | 2.39 0.43 3.7  | 3.51 4.18      |      |
| K <sub>2</sub> O               | 3.94 3.94 4.96 | 3.55 4.18      | 4.05 4.08      | 4.18 4.25 | 4.25 4.72 3.67 | 3.38 4.05 3.32 | 4.05 3.21 3.38 | 2.97 2.33 1.98 | 2.82 2.64 2.86 | 3.81 4.8 4.05  | 2.97 2.65 3.95 | 4.32 3.85 4.28 | 4.59 4.77 4.66 | 5.23 3.25      |      |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.07 0.07 0.07 | 0.13 0.07      | 0.2 0.07       | 0.02 0.19 | 0.19 0.2 0.11  | 0.07 0.2 0.02  | 0.08 0.22 0.21 | 0.16 0.32 0.32 | 0.25 0.32 0.38 | 0.41 0.04 0.08 | 0.16 0.14 0.01 | 0.14 0.17 0.3  | 0.03 0.06 0.14 | 0.15 0.47      |      |
| K/Na                           | 1.04 1.04 1.43 | 0.96 1.15      | 1.07 1.03      | 1.14 1.14 | 1.32 1.01      | 0.96 1.07      | 0.91 1.16 0.83 | 0.96 0.97 0.71 | 0.61 0.85 0.79 | 0.75 0.96 1.58 | 1.16 0.97 0.74 | 0.96 1.38 1.01 | 1.22 1.92 11.1 | 1.26 1.49 0.78 |      |
| K+Na                           | 7.74 7.74 8.44 | 7.23 7.83      | 7.85 8.05      | 7.84 7.98 | 7.96 8.29 7.29 | 6.91 7.85 6.98 | 7.54 7.06 7.54 | 6.02 6.23 6.91 | 6.02 5.62 5.22 | 6.14 5.97 6.67 | 7.78 7.83 8.07 | 7.45 7.67 7.78 | 6.96 5.20 8.36 | 8.74 7.43      |      |
| Fe *                           | 1.82 2.17 3.78 | 2.16 2.76      | 1.82 1.09      | 1.54 2.73 | 3.19 3.72 3.78 | 4.93 3.85 7.86 | 6.34 3.67 6.67 | 7.96 5.99 6.9  | 6.72 3.19 3.08 | 4.55 3.67 3.85 | 6.04 5.68 1.64 | 2.34 3.37 1.28 | 1.46 3.95 2.21 | 3.09 6.37      |      |
| Rittman                        | 1.97 1.97 2.38 | 1.82 2.17      | 2.84 2.25      | 2.17 2.42 | 3.12 2.6 1.85  | 2.03 2.84 2.24 | 2.68 2.12 2.68 | 2.28 2.26 2.72 | 2.28 2.14 2.1  | 2.27 2.59 3.01 | 3.17 1.85 1.99 | 1.91 2.53 2.56 | 1.43 0.9 2.45  | 2.82 3.71      |      |
| A/CNK                          | 1.16 1.16 1.21 | 1.23 1.16      | 1.21 1.21      | 1.16 1.14 | 1.14 1.11 1.26 | 1.4 1.19 1.19  | 1.14 1.27 1.13 | 1.13 1.08 1.16 | 1.06 1.03 1.09 | 1.18 1.27 1.14 | 1.13 1.36 1.18 | 1.23 1.2 1.13  | 1.3 2.34 1.13  | 1.07 1.2       |      |
| A/NK                           | 1.28 1.28 1.31 | 1.46 1.35      | 1.54 1.42      | 1.34 1.33 | 1.33 1.29 1.47 | 1.67 1.54 1.61 | 1.52 1.66 1.56 | 1.84 1.93 2.18 | 1.83 1.82 1.65 | 1.61 1.66 1.52 | 1.84 1.86 1.21 | 1.44 1.52 1.45 | 1.4 2.46 1.25  | 1.19 1.68      |      |
| 资料来源                           | 1 1 5          | 本文             | 6 6 6          | 1 1 1     | 2 1            | 6 6 6          | 6 6 6          | 1 1 1          | 6 6 6          | 6 6 6          | 6 6 6          | 1 1 1          | 本文 1 1         | 本文 1 1         | 3 本文 |

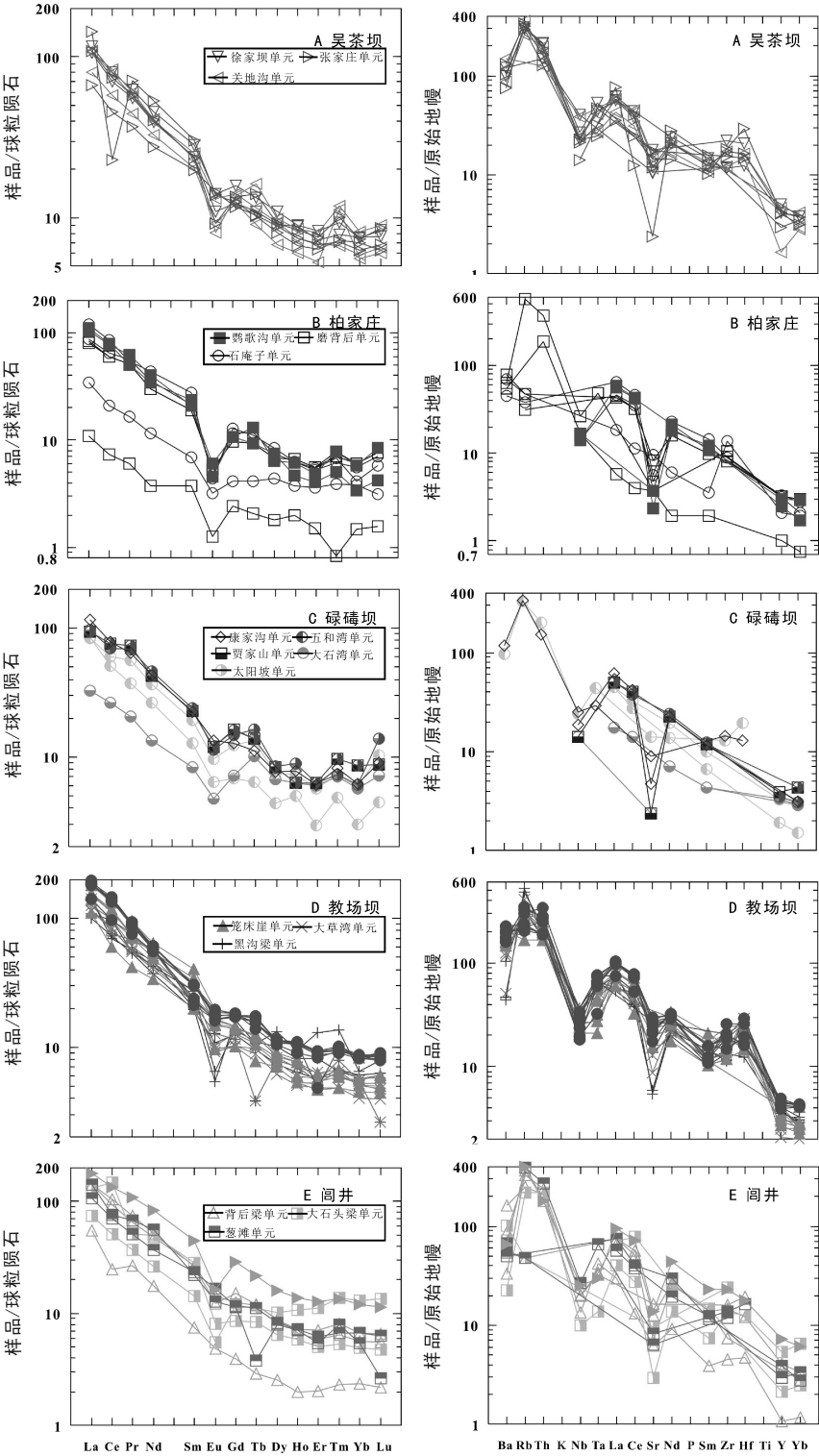


图 6 西秦岭二长花岗岩岩体群稀土元素球粒陨石标准化和微量元素原始地幔标准化蛛网图  
(球粒陨石标准值据 Boynton, 1984; 原始地幔标准化值据 Sun and Mcdonough, 1989)

Fig. 6 Chondrite-normalized REE patterns and primitive mantle-normalized trace element patterns (After Boynton, 1984; Sun and Mcdonough, 1989)

Tab. 2 Analytic result of rare element in the intrusion in the rock group of monzonite granite ( $\times 10^{-6}$ )

| 岩体                   | 吴家坝岩体       |                   |                   |       | 柏 家 庄             |                   |             |             | 碌 碡 坝             |       |             |           |  |
|----------------------|-------------|-------------------|-------------------|-------|-------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------------|-------|-------------|-----------|--|
| 单元                   | 徐家坝         | 张家庄               | 关地沟               |       | 石桅子               | 磨背后               | 鹦歌沟         | 太阳坡         | 大石湾               | 五和湾   | 贾家山         | 康家沟       |  |
| 岩性                   | 花 岗 岩       |                   |                   | 花 岗 岩 |                   |                   |             |             |                   |       | 花 岗 岩       | 花 岗 闪 长 岩 |  |
| La                   | 42.80 38.86 | 40.10 29.66 39.31 | 24.40 53          | 39.79 | 12.70 44.10 31.65 | 30.89 3.99 29.22  | 38.46 40.70 | 30.86 30.47 | 35.30 11.94 11.94 | 34.11 | 34.11 35.30 | 42.44     |  |
| Ce                   | 77.30 67.24 | 75.50 55.20 79.70 | 43.40 22          | 70.85 | 20.00 81.90 62.13 | 56.70 7.08 56.87  | 74.09 76.00 | 48.76 57.68 | 66.76 24.99 24.99 | 72.05 | 72.05 66.76 | 74.43     |  |
| Pr                   | 8.61 7.57   | 7.79 6.05 8.28    | 5.05 9.73 7.89    | 7.89  | 2.27 7.49 7.71    | 7.04 0.83 7.04    | 8.59 6.87   | 5.06 7.66   | 9.38 2.81 2.81    | 9.93  | 9.93 9.38   | 8.70      |  |
| Nd                   | 32.40 27.84 | 28.30 23.23 28.98 | 19.50 37.70 28.72 | 8.21  | 30.90 25.43       | 21.41 2.66 21.41  | 28.47 24.30 | 18.58 26.06 | 32.66 9.52 9.52   | 30.26 | 30.26 32.66 | 30.69     |  |
| Sm                   | 6.56 5.49   | 5.82 4.72 5.35    | 4.56 6.97 5.46    | 1.59  | 6.41 4.98         | 4.36 0.87 4.36    | 4.83 5.41   | 2.92 4.43   | 5.49 1.90 1.90    | 5.26  | 5.26 5.49   | 5.16      |  |
| Eu                   | 1.22 0.95   | 1.15 0.80 0.70    | 1.25 1.20 0.80    | 0.28  | 0.38 0.41         | 0.47 0.11 0.47    | 0.52 0.40   | 0.55 0.83   | 0.99 0.41 0.41    | 1.04  | 1.04 0.99   | 1.17      |  |
| Gd                   | 4.87 3.77   | 4.29 3.79 4.16    | 3.59 3.80 4.14    | 1.28  | 3.94 3.56         | 2.98 0.75 2.98    | 3.30 3.30   | 2.09 3.78   | 4.48 2.17 2.17    | 4.95  | 4.92 4.48   | 3.87      |  |
| Tb                   | 0.77 0.63   | 0.67 0.53 0.94    | 0.60 0.59 0.82    | 0.24  | 0.64 0.68         | 0.54 0.12 0.54    | 0.76 0.54   | 0.37 0.77   | 0.95 0.59 0.59    | 0.80  | 0.80 0.95   | 0.65      |  |
| Dy                   | 4.16 3.45   | 3.55 2.59 3.75    | 3.38 3.07 3.52    | 1.69  | 3.23 2.86         | 2.61 0.69 2.61    | 2.42 2.86   | 1.65 2.83   | 3.22 2.53 2.53    | 3.14  | 3.14 3.22   | 2.93      |  |
| Ho                   | 0.76 0.75   | 0.63 0.51 0.72    | 0.63 0.57 0.71    | 0.32  | 0.53 0.53         | 0.57 0.17 0.57    | 0.52 0.40   | 0.42 0.62   | 0.75 0.53 0.53    | 0.53  | 0.53 0.75   | 0.66      |  |
| Er                   | 2.07 1.80   | 1.72 1.31 2.01    | 1.70 1.58 1.87    | 0.90  | 1.36 1.31         | 1.39 0.38 1.39    | 1.22 1.02   | 0.73 1.42   | 1.57 1.49 1.49    | 1.57  | 1.57 1.57   | 1.50      |  |
| Tm                   | 0.33 0.28   | 0.24 0.40 0.42    | 0.25 0.26 0.36    | 0.14  | 0.24 0.22         | 0.25 0.03 0.28    | 0.28 0.18   | 0.17 0.26   | 0.26 0.25 0.25    | 0.34  | 0.34 0.26   | 0.29      |  |
| Yb                   | 1.86 1.88   | 1.46 1.38 2.02    | 1.55 1.72 1.82    | 0.95  | 1.02 1.37         | 1.49 0.37 1.49    | 1.44 0.85   | 0.74 1.46   | 1.50 1.41 1.41    | 2.11  | 2.11 1.50   | 1.53      |  |
| Lu                   | 0.32 0.29   | 0.25 0.23 0.34    | 0.26 0.24 0.33    | 0.12  | 0.22 0.27         | 0.29 0.06 0.29    | 0.32 0.16   | 0.17 0.39   | 0.53 0.27 0.27    | 0.33  | 0.33 0.53   | 0.34      |  |
| Y                    | 23.0 18.9   | 19.3 7.6 20.9     | 18.6 13.3 18.7    | 9.5   | 14.2 14.9         | 14.8 4.6 14.8     | 13.7 11.2   | 8.7 14.9    | 0.0 0.0 15.4      | 17.6  | 0.0 16.0    | 0.0       |  |
| REE                  | 122 154     | 61 164 76.16      | 184 166 180       | 174   | 200 180           | 191 149 198       | 161 126     | 186 175     | 177 158 55        | 197   | 144 145     | 29        |  |
| La/REE               | 55.32 41.38 | 30.83 42.39 30.83 | 39.66 39.85 42.39 | 49.91 | 44.95 48.32       | 45.50 38.52 49.22 | 42.40 35.71 | 46.51 53.92 | 52.58 44.41 39.56 | 50.69 | 47.23 47.70 | 22.54     |  |
| La/Sm                | 6.52 7.08   | 6.89 6.28 7.35    | 5.35 7.60 7.29    | 7.99  | 6.88 6.36         | 7.08 4.59 6.70    | 7.96 7.52   | 10.57 6.88  | 6.43 6.28 6.28    | 6.48  | 6.48 6.43   | 8.22      |  |
| (La/Yb) <sub>N</sub> | 28.18 14.10 | 5.72 15.90 5.72   | 10.92 10.92 15.90 | 18.74 | 15.55 13.97       | 18.56 14.52 13.15 | 20.82 10.64 | 14.77 18.05 | 32.36 15.61 9.03  | 29.22 | 13.25 14.01 | 7.29      |  |
| δEu                  | 0.65 0.61   | 0.62 0.59 0.62    | 0.61 0.62 0.59    | 0.77  | 0.63 0.61         | 0.67 0.56 0.44    | 0.65 0.91   | 0.49 0.38   | 0.27 0.28 0.58    | 0.22  | 0.38 0.38   | 0.41      |  |
| 资料来源                 | 2 4         | 2 3 4             | 2 1 4             | 3     | 3 3 3             | 3 3 3             | 3 3         | 3 3         | 3 3 3             | 3 3   | 3 3         | 3         |  |

续表 2

| 岩体                   | 教 场 坝 |      |       |       |       |       |       |       |       |       | 阎 井   |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |       |       |
|----------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 单元                   | 大草湾   |      |       |       | 黑 沟 梁 |       |       |       | 细晶岩脉  | 背后梁   | 大石头梁  | 慈 滩   |       |       |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |       |       |
| 岩性                   | 花 岗 岩 |      |       |       | 花岗闪长岩 |       |       |       |       | 花岗岩   |       |       | 闪长岩包体 |       |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |       |       |
| La                   | 39.60 | 52   | 52.00 | 36.80 | 46.07 | 42.20 | 41.60 | 52    | 40.70 | 56.40 | 57.32 | 55.36 | 66.90 | 50.80 | 68   | 66.9 | 71.5 | 68.1 | 67   | 70.1 | 51.6 | 20.3  | 51.6 | 48.6 | 27.5 | 39   | 52   | 65.20 |       |
| Ce                   | 92.40 | 67   | 72    | 69.70 | 94.13 | 81.00 | 78.00 | 72    | 57.10 | 109   | 112   | 107   | 126   | 94.60 | 128  | 138  | 131  | 131  | 132  | 139  | 92.8 | 23.5  | 89.6 | 101  | 140  | 48.5 | 66.7 | 72    | 128   |
| Pr                   | 7.56  | 7.80 | 9.30  | 7.30  | 8.35  | 7.53  | 7.80  | 9.30  | 5.72  | 9.96  | 10.22 | 10.21 | 13.10 | 9.69  | 12.8 | 12.2 | 12   | 12.5 | 12.8 | 12.6 | 10.3 | 3.68  | 8.99 | 10.2 | 6.95 | 5.1  | 6.95 | 9.3   | 14.90 |
| Nd                   | 30.20 | 33   | 40    | 26.60 | 32.40 | 28.90 | 30.10 | 40.00 | 23.90 | 38.10 | 37.96 | 38.45 | 45.40 | 35.20 | 43.3 | 41.4 | 40.5 | 42.2 | 43.4 | 42.8 | 39.5 | 12.4  | 34.4 | 36.6 | 35.3 | 18.7 | 26   | 40    | 59.20 |
| Sm                   | 6.30  | 4.70 | 5.10  | 4.54  | 6.30  | 5.17  | 5.26  | 5.10  | 4.59  | 7.44  | 7.36  | 7.96  | 9.27  | 5.70  | 6.99 | 4.86 | 5.5  | 5.23 | 7.07 | 6.98 | 6.97 | 1.72  | 6.21 | 6.10 | 6.58 | 3.31 | 5.45 | 5.1   | 10.30 |
| Eu                   | 0.56  | 0.47 | 1.10  | 0.94  | 0.90  | 0.84  | 0.80  | 1.10  | 0.83  | 1.31  | 1.29  | 1.40  | 1.69  | 1.44  | 1.70 | 1.41 | 1.39 | 1.45 | 1.55 | 1.51 | 1.61 | 0.42  | 1.24 | 1.06 | 0.71 | 0.48 | 1.44 | 1.1   | 1.41  |
| Gd                   | 4.13  | 5    | 3.50  | 3.80  | 3.88  | 3.15  | 3.08  | 3.50  | 3.09  | 4.35  | 4.23  | 4.41  | 5.57  | 4.47  | 5.46 | 5.23 | 5.45 | 5.3  | 5.4  | 5.5  | 5.63 | 1.20  | 3.81 | 4.67 | 2.61 | 3.65 | 3.52 | 3.5   | 8.75  |
| Tb                   | 0.64  | 0.62 | 0.22  | 0.56  | 0.62  | 0.51  | 0.57  | 0.22  | 0.45  | 0.71  | 0.73  | 0.69  | 0.89  | 0.61  | 0.9  | 0.90 | 0.97 | 0.9  | 1.01 | 0.96 | 0.8  | 0.17  | 0.68 | 0.70 | 0.49 | 0.65 | 0.65 | 0.22  | 1.25  |
| Dy                   | 3.86  | 5    | 3.00  | 2.83  | 3.14  | 2.35  | 2.68  | 3.00  | 2.68  | 3.20  | 3.45  | 3.32  | 4.13  | 2.92  | 4.09 | 4.34 | 4.28 | 4.23 | 4.24 | 4.36 | 3.96 | 0.97  | 3.39 | 3.31 | 2.44 | 3.9  | 3.13 | 3     | 6.09  |
| Ho                   | 0.69  | 0.80 | 0.60  | 0.54  | 0.59  | 0.43  | 0.45  | 0.60  | 0.45  | 0.65  | 0.68  | 0.65  | 0.89  | 0.51  | 0.9  | 0.93 | 0.9  | 0.92 | 0.91 | 0.89 | 0.76 | 0.17  | 0.57 | 0.61 | 0.5  | 0.91 | 0.62 | 0.6   | 1.17  |
| Er                   | 2.03  | 3.20 | 1.35  | 1.42  | 1.59  | 1.20  | 1.30  | 1.35  | 1.15  | 1.55  | 1.34  | 1.38  | 2.23  | 1.42  | 1.2  | 2.33 | 2.29 | 2.31 | 2.28 | 2.16 | 2.06 | 0.5   | 1.47 | 1.78 | 1.25 | 2.76 | 1.53 | 1.35  | 3.17  |
| Tm                   | 0.23  | 0.48 | 0.28  | 0.24  | 0.21  | 0.17  | 0.23  | 0.28  | 0.17  | 0.24  | 0.21  | 0.24  | 0.34  | 0.22  | 0.35 | 0.36 | 0.33 | 0.36 | 0.35 | 0.32 | 0.33 | 0.08  | 0.23 | 0.29 | 0.19 | 0.49 | 0.24 | 0.28  | 0.48  |
| Yb                   | 1.44  | 1.60 | 1.35  | 1.51  | 1.29  | 1.00  | 1.26  | 1.35  | 1.12  | 1.44  | 1.37  | 1.41  | 2.04  | 1.25  | 2.03 | 2.16 | 2.08 | 2.1  | 2.1  | 2.01 | 2.11 | 0.58  | 1.39 | 1.66 | 1.22 | 3.21 | 1.66 | 1.35  | 2.98  |
| Lu                   | 0.22  | 0.30 | 0.10  | 0.24  | 0.20  | 0.15  | 0.18  | 0.10  | 0.17  | 0.22  | 0.23  | 0.23  | 0.32  | 0.19  | 0.3  | 0.33 | 0.34 | 0.32 | 0.33 | 0.31 | 0.3  | 0.08  | 0.21 | 0.25 | 0.18 | 0.51 | 0.24 | 0.1   | 0.43  |
| Y                    | 17.0  | 18.5 | 17.5  | 16.2  | 13.5  | 9.5   | 11.4  | 18.5  | 12.3  | 14.0  | 16.0  | 14.0  | 19.0  | 15.3  | 18   | 21.2 | 20.5 | 20.1 | 20.5 | 19.6 | 22.3 | 4.9   | 15.8 | 18.5 | 9.7  | 24.4 | 13.3 | 17.5  | 32.8  |
| REE                  | 220   | 238  | 257   | 144   | 170   | 207   | 336   | 207   | 200   | 207   | 173   | 213   | 184   | 185   | 154  | 249  | 254  | 247  | 298  | 224  | 294  | 303   | 299  | 297  | 301  | 309  | 190  | 241   | 71    |
| LRE/HRE              | 58.34 | 52.9 | 97.51 | 40.81 | 49.42 | 58.19 | 47.46 | 51.88 | 44.99 | 58.19 | 45.73 | 56.13 | 58.39 | 59.77 | 49.2 | 59.1 | 61.5 | 57.9 | 57.9 | 51.3 | 57.5 | 61.98 | 59.2 | 60.3 | 60.1 | 60.7 | 58.2 | 46.3  | 54.24 |
| La/Sm                | 6.29  | 11.1 | 10.20 | 8.11  | 7.31  | 8.16  | 7.91  | 10.20 | 8.87  | 7.58  | 7.79  | 6.95  | 7.22  | 8.91  | 9.7  | 13.8 | 13   | 13   | 9.48 | 10   | 7.40 | 11.8  | 8.31 | 8.48 | 7.39 | 8.31 | 7.16 | 10.2  | 6.33  |
| (La/Yb) <sub>N</sub> | 25.09 | 21.1 | 26.92 | 5.79  | 15.88 | 26.03 | 14.78 | 18.58 | 21.96 | 26.03 | 16.47 | 24.13 | 28.52 | 22.31 | 24.6 | 26.5 | 28.3 | 26.5 | 22.2 | 27.5 | 22.6 | 20.9  | 23.2 | 21.9 | 21.6 | 23.6 | 26   | 16.5  | 23.65 |
| δEu                  | 0.72  | 0.58 | 0.44  | 0.42  | 0.94  | 0.75  | 0.44  | 0.32  | 0.29  | 0.75  | 0.67  | 0.52  | 0.59  | 0.56  | 0.64 | 0.65 | 0.65 | 0.66 | 0.67 | 0.84 | 0.81 | 0.85  | 0.77 | 0.83 | 0.74 | 0.72 | 0.75 | 0.76  | 0.85  |
| 资料来源                 | 6     | 6    | 6     | 本文    | 6     | 6     | 6     | 2     | 3     | 6     | 6     | 6     | 6     | 本文    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 本文   | 3     | 3    | 本文   | 3    | 3    | 3    | 3     | 本文    |

表 3 西秦岭二长花岗岩岩体群全岩微量元素地球化学分析结果 (  $\times 10^{-6}$  )  
Tab. 3 Analytic result of tracemnts of the intrusion in the rock group of monzonite granite(  $\times 10^{-6}$  )

| 岩 体   | 吴 茶 坝 岩 体 |      |       |       |      |      |      |      |      |      | 柏 家 庄 |      |       | 碌 碡 坝 |      |     |       |       |     |
|-------|-----------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|------|-----|-------|-------|-----|
| 单 元   | 徐家坝       |      | 张家庄   |       | 关地沟  |      | 石庵子  |      | 磨背后  |      | 鹦歌沟   | 太阳坡  | 大石湾   | 五和湾   | 康家沟  |     |       |       |     |
| 岩 性   | 花 岗 岩     |      |       |       |      |      |      |      |      |      |       |      |       |       |      |     |       |       |     |
| Y     | 23        | 18.9 | 19.3  | 7.55  | 2.87 | 18.6 | 13   | 18.7 | 9.5  | 14.2 | 14.9  | 14.8 | 4.6   | 1 4.8 | 13.7 | 11  | 15.35 | 17.56 |     |
| Hf    |           | 3.8  | 6.4   | 4.5   | 5    | 9    | 5    | 4.5  |      |      |       |      |       |       |      |     | 6     |       | 4   |
| Zr    | 133.4     | 130  | 247   | 131.3 | 135  | 203  | 190  | 170  | 153  | 100  |       | 90   | 102.5 | 118   |      |     | 145   |       | 161 |
| Sc    | 2         | 4.5  | 6.6   | 2.39  | 3.2  | 6.18 | 4.7  | 4.8  |      |      |       |      |       | 2.7   |      |     | 4.8   |       | 15  |
| Cr    | 8.81      | 13.2 | 29    | 16.62 | 6.4  | 11.9 | 21   | 14.1 | 117  | 147  |       | 133  | 100   | 3     |      |     | 23    |       | 94  |
| Co    | 2.27      | 6    | 119   | 5.83  | 2.8  | 121  | 5.8  | 3    | 6.6  | 87   | 2.5   | 2.6  | 2     |       | 2.5  | 2.6 | 5     | 7.2   | 15  |
| Ni    | 1.32      | 4.7  | 12    | 1.82  | 3    | 3.78 | 9    | 6.1  | 4.3  | 3.2  | 10    | 23   | 7.4   | 3     | 5    | 7.7 | 9     | 11    | 32  |
| Cu    | 2.62      | 7.7  | 5.5   | 5     | 9.9  | 4.94 | 14   | 6    | 4.6  | 10   | 21    | 17   | 13    | 19    | 25   | 16  | 19    | 14    | 12  |
| Zn    | 40.5      | 65   | 37.6  | 66.9  |      | 80   | 61.8 |      | 100  | 100  | 77    | 100  | 84    | 100   | 84   | 84  | 46    | 69    | 43  |
| Ga    | 27.6      | 23   | 22.63 | 22    |      | 19   | 13   |      | 30   | 20   |       | 23   | 23    | 23    |      |     | 14.8  |       | 17  |
| Rb    | 196       | 189  | 228   | 165   |      | 214  | 199  | 189  | 30   | 24   |       | 20   | 30    | 366   |      |     | 210   |       | 212 |
| Nb    | 28.48     | 16   | 19    | 27.18 | 17   | 17.2 | 16   | 15   | 16   |      | 10    | 11.9 |       | 19    | 10   | 12  | 17    | 10    | 13  |
| Ta    | 1.8       | 2.2  | 1.1   | 1.69  |      | 1    | 1.3  | 1.9  |      |      |       |      |       | 2     |      |     | 1.8   |       | 1.2 |
| Pb    | 32.34     | 27   | 39.21 | 28.4  |      | 214  | 38   | 33   | 30   | 24   | 30    | 20   | 34    | 30    | 33   | 34  | 40    | 34    | 36  |
| Th    | 12.77     | 18.3 | 18    | 10.8  | 14.6 | 16.8 | 16   | 13.7 | 10.8 |      |       |      | 16    | 31    |      |     | 17    |       | 13  |
| Be    | 7.1       | 4    | 8.23  | 4.8   |      | 3.68 | 1.8  | 5.2  |      | 2.9  |       |      | 3.5   | 6.1   | 2.3  | 3.5 | 4.97  | 1.7   | 3.5 |
| Ba    | 843       | 690  | 686   | 1030  | 820  | 604  | 918  | 520  | 727  | 483  | 315   |      | 380   | 550   | 438  |     | 677   |       | 826 |
| Sr    | 224.5     | 220  | 374   | 309   | 245  | 332  | 305  | 250  | 364  | 200  | 118   | 100  | 78    | 175   | 78   | 50  | 297   | 50    | 100 |
| V     | 8.78      | 38   | 18.27 | 34    |      | 39   | 17   | 29.6 | 22   | 42   | 6     | 50   | 10    | 55    | 9    | 10  | 27    | 49    | 14  |
| Li    | 151.2     | 94.6 | 91    | 133.1 | 110  | 61.3 | 61.5 | 85.6 | 58.7 | 49   |       | 101  | 106   | 106   | 54   | 101 | 106   | 72    | 27  |
| Cs    |           | 22   |       | 9.15  |      |      | 11.7 |      |      |      |       |      |       |       |      |     |       |       |     |
| Th/Be | 1.8       | 4.58 | 1.31  | 3.04  |      | 4.35 | 2.63 |      |      |      |       | 4.6  |       | 5.1   |      |     | 3.42  |       | 4.1 |
| Rb/Sr | 0.9       | 0.5  | 0.93  | 0.5   |      | 0.7  | 0.8  | 0.5  | 0.2  | 0.2  |       | 0.2  | 0.17  | 4.7   |      |     | 0.71  |       | 1.1 |
| Ba/Rb | 3.52      | 3.6  | 3.6   | 3.66  |      | 4.29 | 2.61 | 3.9  | 16   | 13.1 |       |      | 18.3  | 1.2   |      |     | 3.22  |       | 3.9 |
| Ba/Sr | 3.75      | 3.14 | 1.8   | 3.33  | 3.35 | 1.82 | 3.01 | 2.1  | 2    | 2.4  | 2.67  |      | 4.9   | 3.14  | 5.6  |     | 2.28  |       | 4.3 |
| Ni/Co | 0.58      | 0.78 | 0.1   | 0.31  | 1.07 | 0.31 | 1.55 | 2    | 0.65 | 0.04 | 2.96  |      | 3     |       | 2    | 3   | 1.8   | 1.53  | 2.1 |
| Nb/Ta | 8.89      | 8.7  | 15.5  | 10.2  |      | 16   | 11.5 | 8.4  |      |      |       |      |       | 9.6   |      |     | 9.44  |       | 15  |
| Zr/Nb | 4.68      | 8.13 | 13    | 4.83  | 7.94 | 11.1 | 12.7 | 12.7 | 10.6 |      |       |      |       | 6.2   |      |     | 8.53  |       | 8.9 |
| 资料来源  | 3         | 7    | 2     | 3     | 7    | 2    | 3    | 7    | 2    | 3    | 3     | 3    | 3     | 3     | 3    | 5   | 3     | 3     | 3   |



集 Rb、La、Hf, 而 Ba、Nb、Sr、Sm 具有明显的负异常。

柏家庄岩体:  $\text{SiO}_2$  含量为 72.11%~74.96%,  $\text{TiO}_2$  含量为 0.04%~0.28%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量变化于 12.03%~14.66%,  $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  含量分别为 3.49%~6.04% 和 0.74%~4.8%, FeO 含量变化于 0.47%~1.52%,  $\text{MgO}$  变化于 0.19%~0.45%,  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  值为 0.93~4.72。里特曼指数介于 0.61~2.85 (石庵子的指数为 3.45, 高于 3.33), 属钙碱性系列。在  $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  图解中样品主体为高钾钙碱系列, 一部分落入钾玄岩系列。铝饱和指数  $A/\text{CNK}=0.88\sim1.27$ , 为过铝质花岗岩。在球粒陨石标准化稀土元素配分图上 (图 6-B), 柏家庄岩体富集轻稀土土 (LREE), 岩石的  $(\text{La}/\text{Yb})_N=7.29\sim32.36$ ,  $\delta\text{Eu}$  为 0.22~0.58, 小于 1, 具有中等亏损的负 Eu 异常。稀土总量 ( $\sum\text{REE}$ ) 为  $29.31\times10^{-6}\sim197.17\times10^{-6}$ 。在原始地幔标准化微量元素蛛网图上, 表现出富集 Rb、La、Hf, 而 Ba、Nb、Sr、Sm 具有明显的负异常。

碌碡坝岩体:  $\text{SiO}_2$  含量为 65.84%~72.61%,  $\text{TiO}_2$  含量为 0.23%~0.63%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量变化为 13.03%~16.78%,  $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  含量分别为 3.24%~5.73% 和 2.4%~4.67%, FeO 含量变化为 1.38%~3.67%,  $\text{MgO}$  变化为 0.78%~2.76%,  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  值为 0.62%~2.42%。里特曼指数介于 1.2~3.65, (大石湾的指数为 3.65, 高于 3.33) 属钙碱性系列。在  $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  图解中样品主体为高钾钙碱系列, 一部分落入钾玄岩系列。铝饱和指数  $A/\text{CNK}=0.87\sim1.82$ , 为过铝质花岗岩。在球粒陨石标准化稀土元素配分图上 (图 7-C), 富集轻稀土土 (LREE), 岩石的  $(\text{La}/\text{Yb})_N=5.72\sim17.84$ ,  $\delta\text{Eu}$  为 0.59~0.77, 小于 1, 具有中等亏损的负 Eu 异常。稀土总量 ( $\sum\text{REE}$ ) 为  $60.81\times10^{-6}\sim166.39\times10^{-6}$ 。在原始地幔标准化微量元素蛛网图上, 表现为富集 Rb、La、Hf, 而 Ba、Nb、Sr、Sm 具有明显的负异常。

教场坝岩体:  $\text{SiO}_2$  含量为 63.39%~73.39%,  $\text{TiO}_2$  含量为 0.22%~0.57%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量变化于 13.42%~16.38%,  $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  含量分别为 3.38%~4.96% 和 3.48%~3.97%, FeO 含量变化于 0.87%~2.98%,  $\text{MgO}$  变化于 0.68%~3.18%,  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  值为 0.91~1.43。里特曼指

数介于 1.85~3.12, 属钙碱性系列。在  $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  图解中样品主体为高钾钙碱系列, 一部分落入钾玄岩系列。铝饱和指数  $A/\text{CNK}=1.16\sim1.21$ , 为过铝质花岗岩。随岩浆的演化 Li、Rb、Ta、Nb 与  $\text{SiO}_2$  呈正相关, V、Ni、Sr、Ba、Zr 与  $\text{SiO}_2$  负相关, 其在 Rb- (Yb+Nb), Rb- (Yb+Ta) 图解投影点均分布在同碰撞花岗岩区, 微量元素组合具共同碰撞花岗岩的分布形式, 可见教场坝花岗岩岩类的形成与地壳碰撞带的形成与发展演化息息相关。在球粒陨石标准化稀土元素配分图上 (图 6-D), 富集轻稀土土 (LREE), 岩石的  $(\text{La}/\text{Yb})_N=5.72\sim32.36$ ,  $\delta\text{Eu}$  为 0.29~0.94, 小于 1, 具有中等亏损的负 Eu 异常。稀土总量 ( $\sum\text{REE}$ ) 为  $154.42\times10^{-6}\sim336.13\times10^{-6}$ 。在原始地幔标准化微量元素蛛网图上, 表现为富集 Rb、La、Hf, 而 Ba、Nb、Sr、Sm 具有明显的负异常。

间井岩体: 二长花岗岩  $\text{SiO}_2$  含量为 66.22%~75.72%;  $\text{TiO}_2$  含量为 0.04%~0.55%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量为 13.41%~15.91%;  $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  含量分别为 3.85%~5.23% 和 0.43%~4.12%, FeO 含量为 0.43%~2.65%,  $\text{MgO}$  为 0.21%~1.83%, 除葱滩  $\text{K}_2\text{O}<\text{Na}_2\text{O}$  外, 其他单元均为  $\text{K}_2\text{O}>\text{Na}_2\text{O}$ , 属富钾、铝过饱和岩石。 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  值为 5.2~8.74。里特曼指数介于 0.9~2.82, 属钙碱性系列。在  $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  图解中样品主体为高钾钙碱系列, 一部分落入钾玄岩系列。铝饱和指数  $A/\text{CNK}=1.07\sim1.18$ , 为过铝质花岗岩。在球粒陨石标准化稀土元素配分图上 (图 6-E), 间井岩体富集轻稀土土 (LREE), 岩石的  $(\text{La}/\text{Yb})_N=15.88\sim26.92$ ,  $\delta\text{Eu}$  为 0.44~0.94, 小于 1, 具有中等亏损的负 Eu 异常。稀土总量 ( $\sum\text{REE}$ ) 为  $170.43\times10^{-6}\sim256.75\times10^{-6}$ 。在原始地幔标准化微量元素蛛网图上, 表现为富集 Rb、La、Hf, 而 Ba、Nb、Sr、Sm, 具有明显的负异常。

5 个岩体在地理位置上相对靠近, 侵入顺序较为清晰, 根据相互的交切关系初步认为早期形成浅灰色闪长岩, 中期形成浅灰—灰白色黑云二长花岗岩, 晚期灰白色二云二长花岗岩。岩性成分有黑云母闪长岩、浅灰色黑云角花岗闪长岩、灰白色中细—中粗粒花岗闪长岩、灰白色中细粒英云闪长岩、灰白色中粗粒黑云二长花岗岩和灰白色二云二长花岗岩。岩性变化显示从早期到晚期, 侵入体岩性成

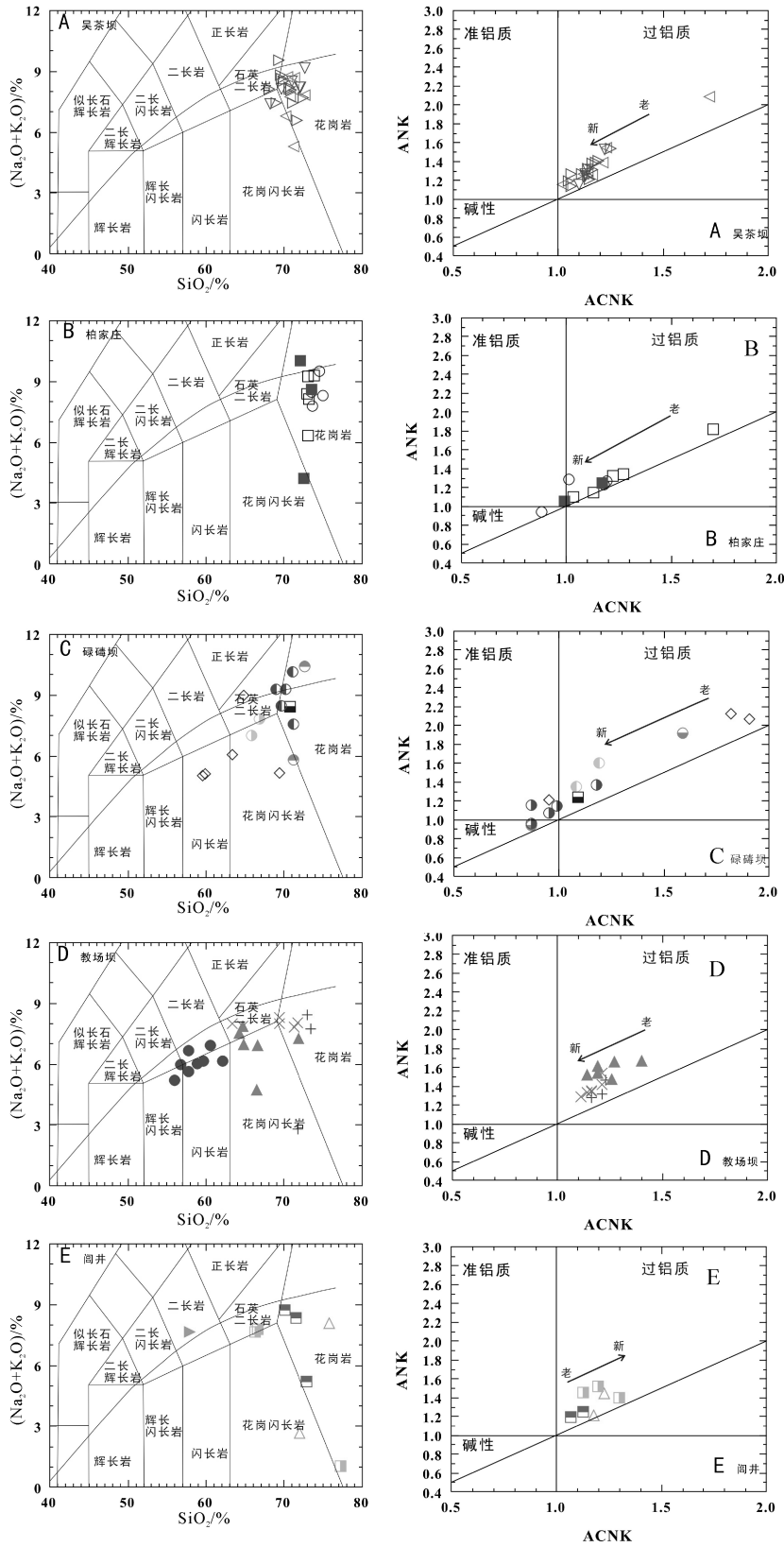


图 7 二长花岗岩岩体群 TAS 图和 ACNK vs. ANK 图 (图例同图 8)

Fig. 7 TAS and K<sub>2</sub>O vs. SiO<sub>2</sub> diagrams for the rock group of monzonite granite

分具有从偏基性→偏酸性的正向演变特征。空间变化上，纵向岩性总体一致，结构由东向西变细；横向则结构总体相似，其成分向南变酸。

根据 5 个岩体的成岩期次划分，从老到新，划分为 3 个期次，从图中可看出在  $K_2O$ - $SiO_2$  图解（图

9），老期次的样品在高钾钙碱系列和钾玄岩系列中都有分布，中期次的样品则较集中在钾玄岩系列，而新期次的样品则在高钾钙系列。在  $K_2O$ - $Na_2O$  图解（图 8）中，老期次的样品落入钾质和钠质的过渡区，中期次和新期次的样品则落入钾质区。

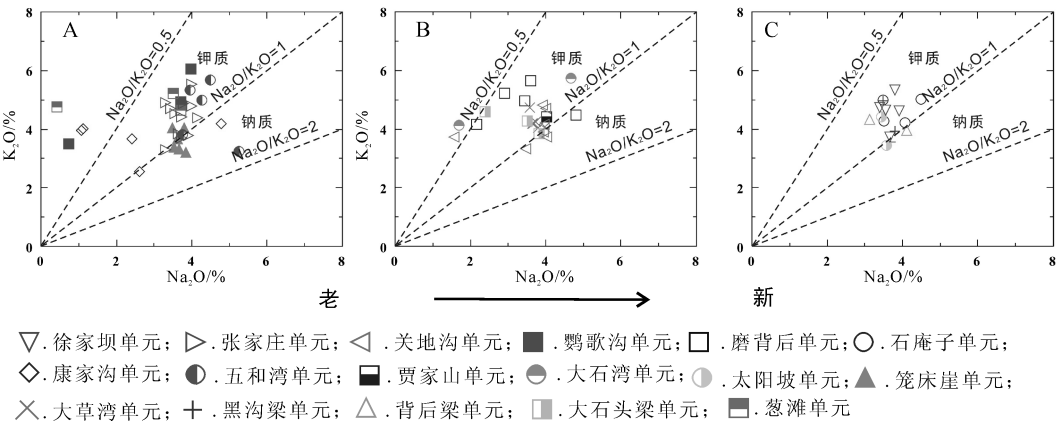


图 8 二长花岗岩岩体群  $K_2O$  vs.  $Na_2O$  图

Fig. 8  $K_2O$  vs.  $Na_2O$  diagrams for the the rock group of monzonite granite

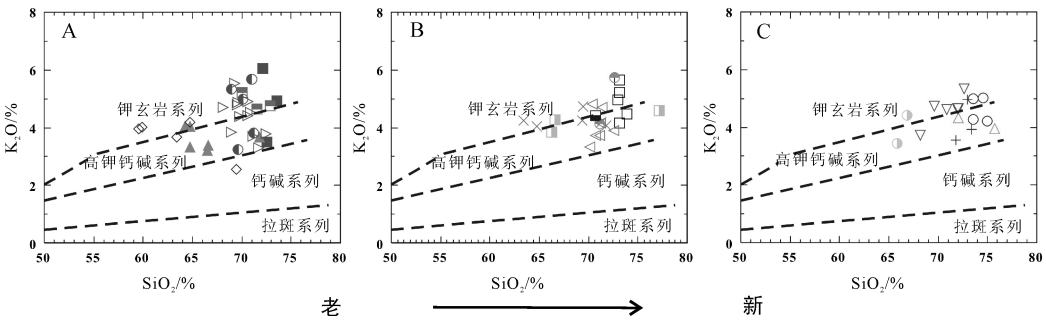


图 9 二长花岗岩岩体群  $K_2O$  vs.  $Si_2O$  图（图例同图 8）

Fig. 9  $K_2O$  vs.  $Si_2O$  diagrams for the the rock group of monzonite granite

在 TAS 图解和 ACNK-ANK 图解中（图 7），将 5 个岩体的化学成分分别投图，可看出，岩体以花岗岩为主，少量的花岗闪长岩，还有一部分包体落入闪长岩的区域。在相对应的 ACNK-ANK 图解中，柏家庄和碌碡坝岩体多数为过铝质，一部分为准铝质，教场坝、闫井、吴茶坝岩体都为过铝质。在 ACNK 成分增加的时候，闫井岩体由老期次到新期次，铝质成分增加，而其他岩体则相反，岩体由老期次到新期次的时候，铝质成分减少。

4 岩体形成的年代及成因

“五朵金花”二长花岗岩岩体群的研究工作始

于 20 世纪 30 年代，不同的研究者用不同方法获得了大量的年龄测试数据，定年方法有全岩 Rb-Sr 法、矿物 K-Ar 法，由于方法不同，所得到的各岩体年龄也有一定差异（表 4）。本研究收集并梳理了前人在研究区测试的花岗岩年龄有效数据，用以分析岩体的形成时代。岩体 Rb-Sr 同位素年龄值在 181~232.9 Ma 的范围里，K-Ar 同位素年为 178~248.8 Ma 的范围里。

综合分析认为，该区复式岩体侵入时代为印支晚期—燕山早期的产物。中酸性岩呈巨大岩基产出，岩体普遍具有多期次特征，早期形成浅灰色闪长岩，晚期形成浅灰—灰白色二长花岗岩，岩性成分有黑云母闪长岩，灰白-肉红色细粒-中粗粒黑云

表 4 西秦岭二长花岗岩岩体群岩体形成时代一览表

Tab. 4 The age of the rock group of monzonite granite in the western Qinling

| 超单元        | 单元       | 代号    | 岩性                       | 测定方法       | 同位素年龄<br>(Ma) | 接触关系 | 资料来源                       |
|------------|----------|-------|--------------------------|------------|---------------|------|----------------------------|
| 吴茶坝<br>超单元 | 关地沟      | TGηγβ | 灰白色细粒含斑<br>黑云母二长花岗岩      | Rb-Sr      | 198~227       | 脉动   | 核工业 203 研究所<br>李卫东面告, 2011 |
|            |          |       |                          | K-Ar       | 181.5         |      | 李宏卫, 2011                  |
|            | 张家庄      | TZηγβ | 灰白色中粒似斑状<br>黑云母二长花岗岩     | Rr-Sr      | 232.9±14      | 脉动   | 1:5 万上洮坪幅                  |
|            | 徐家坝      | TXηγβ | 灰白-肉红色中细粒<br>黑云母二长花岗岩    |            |               |      |                            |
| 柏家庄<br>超单元 | 鹦歌沟      | TYηγ  | 灰白色中细粒二云<br>母二长花岗岩       | K-Ar       | 201.1±2.7     | 脉动   | 1:5 万下洮坪幅                  |
|            |          |       |                          | Rr-Sr      | 204.59±5.23   |      | 1:5 万上洮坪幅                  |
|            | 磨背后      | TMηγ  | 灰白色细粒<br>二云母花岗岩          | Rr-Sr      | 193.29±9.07   | 脉动   | 1:5 万下洮坪幅                  |
|            |          |       |                          | Rr-Sr      | 207.95±24     |      | 1:5 万上洮坪幅                  |
|            | 石庵子      | TSηγβ | 灰白色细粒<br>黑云母二长花岗岩        | K-Ar       | 220.1±2.9     | 脉动   | 1:5 万下洮坪幅                  |
|            |          |       |                          | Rr-Sr      | 218.08±1.69   |      | 1:5 万上洮坪幅                  |
| 碌碡坝<br>超单元 | 太阳坡      | TTηγβ | 细粒含斑电气石<br>黑云二长花岗岩       |            |               | 脉动   |                            |
|            | 大石湾      | TDηγβ | 细粒含斑<br>黑云二长花岗岩          |            |               |      |                            |
|            | 贾家山      | TJηγβ | 中粒似斑状<br>黑云二长花岗岩         |            |               | 脉动   |                            |
|            | 五和湾      | TWηγβ | 中细粒似斑状<br>黑云二长花岗岩        | Rb-Sr&K-Ar | 208.5±1.0     | 脉动   | 欧春生, 2010                  |
|            |          |       |                          | K-Ar       | 242.8         |      | 1:5 万下洮坪幅                  |
|            |          |       |                          | K-Ar       | 248.8         |      | 1:5 万下洮坪幅                  |
|            | 康家沟      | TKγδβ | 黑云母花岗岩闪长岩                | K-Ar       | 224.7±3.1     |      | 1:5 万下洮坪幅                  |
| 教场坝<br>超单元 | 大草湾      | TDηγβ | 灰白色中粗粒<br>似斑状黑云母二长花岗岩    | Rb-Sr      | 201           | 脉动   | 温志亮, 2008                  |
|            | 笼床崖      | TLηγβ | 灰白色中细粒<br>含斑黑云二长花岗岩      | K-Ar       | 216           | 脉动   | 1:5 万锁龙幅                   |
|            | 黑沟梁      | THηγβ | 浅灰色中细粒<br>含斑花岗闪长岩        | K-Ar       | 208           |      | 霍福臣, 1995                  |
| 闫井<br>超单元  | 葱滩       | TCηγβ | 灰白-肉红色中细粒<br>似斑状黑云母二长花岗岩 | K-Ar       | 210           | 脉动   | 霍福臣, 1995                  |
|            | 大石<br>头梁 | TDηγβ | 灰白-肉红色中粗粒<br>黑云母二长花岗岩    | Rb-Sr      | 181±8         |      | 1:5 万闫井幅                   |
|            | 背后梁      | TBηγβ | 灰白色中细粒含斑<br>黑云母二长花岗岩     |            |               |      |                            |

母二长花岗岩, 岩性变化显示从早期到晚期, 侵入体岩性成分具有从偏基性—偏酸性的正向演变特征。各岩体的岩浆提供了热源和热液, 富含成矿元素的沉积地层提供了物质来源, 北西向和北东向断裂构造为岩浆的侵入提供了场所, 其次级构造为矿床的形成提供了空间。

用 Sr-Yb 分类, 将花岗岩划分为埃达克型 ( $Sr > 300 \times 10^{-6}$ ,  $Yb < 2.5 \times 10^{-6}$ ), 喜马拉雅型 ( $Sr <$

$300 \times 10^{-6}$ ,  $Yb < 2.5 \times 10^{-6}$ ), 浙闽型 ( $Sr$  为  $40 \times 10^{-6} \sim 400 \times 10^{-6}$ ,  $Yb > 1.5 \times 10^{-6}$ ), 南岭型 ( $Sr < 100 \times 10^{-6}$ ,  $Yb > 2 \times 10^{-6}$ ) 和广西型 ( $Sr > 400 \times 10^{-6}$ ,  $Yb > 2 \times 10^{-6}$ ) (张旗等, 2010)。将“五朵金花”岩体相关化学数据通过 Sr-Yb 图解的判别可看出, 多数具有喜马拉雅岩区的特征, 有柏家庄岩体、闫井岩体、吴茶坝岩体和碌碡坝岩体, 少数具有埃达克岩区的特征, 而教场坝岩体则是兼具二者

的特征。岩体群的 ANKC 值多为 $<1.1$ ，属过铝质花岗岩。喜马拉雅型相对贫 Sr、Yb，而具有此类特征的花岗岩可能是泥质岩部分熔融所形成的（张旗等，2010）。

## 5 结论

（1）西秦岭地理位置上相对靠近，其侵入顺序较为清晰，为早期形成浅灰色闪长岩，中期形成浅灰-灰白色黑云二长花岗岩，晚期灰白色二云二长花岗岩。岩性变化显示从早期到晚期，侵入体岩性成分具有从偏基性→偏酸性的正向演变特征。空间变化上，纵向岩性总体一致，结构由东向西变细；横向则结构总体相似，其成份向南变酸。

（2）根据 5 个岩体的成岩期次划分，从老到新，划分为 3 个期次，属于高钾钙碱系列，具有相似的稀土和微量元素分布形式，在原始地幔标准化微量元素蛛网图上，表现为富集 Rb、La、Hf，而 Ba、Nb、Sr、Sm 具有明显的负异常。

（3）二长花岗岩岩群的成岩时间，同一期次年代不超过 10 Ma，侵入时代为印支晚期—燕山早期的产物。岩性变化显示从早期到晚期，侵入体岩性成分具有从偏基性—偏酸性的正向演变特征。且都具有喜马拉雅型特征。

（4）结合区域地质特征分析，西秦岭二长花岗岩岩群具有相似的岩相学、岩石学特征，化学成分也具有相同的特点，从形成年代，加之物质来源的相同，初步推断他们具有同源的特点，但仍需做进一步研究。

致谢：感谢审稿人提出详尽的意见，对本文的完善有很大的帮助；杨忠堂研究员、赵东宏研究员、李宗会高级工程师和王虎、罗根根研究实习员在野外工作和成文过程中提供了大力支持和帮助，在此表示最诚挚的感谢！

## 参考文献（References）：

殷先明，杜玉良，殷勇．甘肃花岗岩类成矿作用研究与找矿方向[J]．西北地质，2005，38（4）：25-31.  
Yin Xianming, Du Yuliang, Yin Yong. Mineralization of granitoid and its prospecting in Gansu province [J]．Northwestern Geology, 2005, 38（4）：25-31.

温志亮，郭周平，杨鹏飞，等．西秦岭李坝式金矿床地球化学特征及找矿方向研究[J]．地质与勘探，2008，44（6）：1-6.  
Wen Zhiliang, Guo Zhouping, Yang Pengfei, et al. Geochemistry and ore exploration of liba type gold deposit, western Qinling [J]．Geology and Prospecting, 2008, 44（6）：1-6.  
李智峰，朱谷昌，张建国，等．基于 SPOT 数据的铁化蚀变信息提取及找矿应用研究[J]．国土资源遥感，2011，（2）：91-97.  
Li Zhifeng, Zhu Guchang, Zhang Jianguo, et al. The extraction and analysis of iron alteration information based on SPOT data for mineral prediction: A case study of the Longnan gold ore district [J]．Remote Sensing for Land& Resources, 2011,（2）：91-97.  
许亚玲，毛永忠，王刚刚．甘肃省岷县—礼县一带柏家庄岩体群成岩成矿特点及成矿机制探讨[J]．甘肃地质，2006，15（2）：126-132.  
Xu Yaling, Mao Yongzhong, Wang Ganggang. Discuss on diagenetic and metallogenic features and metallogenic mechanism of Bojiazhuang rock mass in Minxian-Lixian area of Gansu province [J]．Gansu Geology, 2006, 15（2）：126-132.  
李永军，段永民，李新锋，等．西秦岭洮坪地区花岗岩内部接触关系及等级体制填图[J]．西安地质学院学报，1993，15：98-106.  
Li Yongjun, Duan Yongmin, Li Xinfeng, et al. Internal contact relationship and geological mapping of superunit and unit system for granites in the Taoping region of the western Qinling [J]．Journal of Xi'an College of Geology, 1993, 15：98-106.  
高秉璋，洪大卫，郑基俭，等．花岗岩类 1：5 万区域地质填图方法指南[M]．北京：中国地质大学出版社，1991.  
Gao Bingzhang, Hong Dawei, Zheng Jijian, et al. 1：50000 regional geological mapping methodological guide for Granitoids [M]．Chinese Geology University Press, Beijing, 1991.  
程颢，张旺定．西秦岭中川地区构造-岩浆活动及微细浸染型金矿成矿作用分析[J]．地质找矿论丛，2001，16（2）：95-98.  
Cheng Yu, Zhang Wangding. Structural and magmatic activity and the relation to gold mineralization in Zhongchuan area, west Qinling [J]．Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2001, 16（2）：95-98.

- 宋忠宝, 冯益民, 何世平. 中川花岗岩构造岩浆活动特征与成矿作用[J]. 西安地质学院学报, 1997, 19 (4): 48-52.
- Song Zhongbao, Feng Yimin, He Shiping. Characteristics of tectono-magmatism of zhongchuan granite and its ore-forming process [J]. Journal of Xi'an College of Geology, 1997, 19 (4): 48-52.
- 卢哲, 权君娟, 程戩, 等. 西秦岭中川花岗岩岩浆活动特征及地质效应[J]. 甘肃地质学报, 2003, 12 (2): 25-30.
- Lu Zhe, Quan Junjuan, Cheng Yu, et al. Characteristics and geological effects of magmatic activity of thezhongchuan granite of western Qinling area [J]. Acta Geologica Gansu, 2003, 12 (2): 25-30.
- 李宏卫, 娄峰, 许冠军, 等. 多次重熔的成矿作用: 对甘肃中川岩体成岩成矿过程的再认识[J]. 地学前缘, 2011, 18 (1): 126-132.
- Li Hongwei, Lou Feng, Xu Gunjun, et al. Mineralization relevant to repeated crustal melting: An example from the ZCGB [J]. Gansu Province. Earth Science Frontiers, 2011, 18 (1): 126-132.
- 温志亮. 西秦岭教场坝岩体岩浆混合成因的新认识[J]. 矿物岩石, 2008, 28 (3): 29-36.
- Wen Zhiliang. A new recognition of magma mixing process about Jiaochangba rock body, western Qinling [J]. Mineral Petrol, 2008, 28 (3): 29-36.
- 欧春生, 杨永春, 王虎, 等. 礼县碌础坝花岗岩体特征及其成矿作用[J]. 甘肃科技, 2010, 26 (17): 37-41.
- Ou Chunsheng, Yang Yongchun, Wang Hu, et al. Discuss on geology characteristic and metallogenic features of Luzhouba rock mass in Lixian area [J]. Gansu Science and Technology, 2010, 26 (17): 37-41.
- 张旗, 金惟俊, 李承东, 等. 再论花岗岩按照 Sr-Yb 的分类: 标志[J]. 岩石学报, 2010, 26 (4): 985-1015.
- Zhang Qi, Jin Weijun, Li Chenglong, et al. Revisiting the new classification of granitic rocks based on whole-rock Sr and Yb contents: Index [J]. Acta Petrologica Sinica, 2010, 26 (4): 985-1015.
- 尚瑞钧, 严阵, 等. 秦巴花岗岩[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1988.
- Shang Ruijun, Yan Zhen, et al. Granites of mt. Qinling & Dabashan [M]. Chinese Geology University Press, Beijing, 1988.
- 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, 1994.
- Huo Fuchen, Li Yongjun. The formation and geological evolution of the west Qinling orogenic belt [M]. North-west University Press, Xi'an, 1994.
- 李永军, 刘社华, 李注苍, 等. 西秦岭温泉花岗岩体岩浆混合作用的地球化学信息[J]. 地质与勘探, 2003, 39 (6): 33-36.
- Li Yongjun, Liu Shehua, Li Zhucang, et al. The geochemical information of the magma mixing from the Wenquan granite in the western Qinling [J]. Geology and Prospecting, 2003, 39 (6): 33-36.
- 甘肃省地质调查院. 1: 25 万岷县幅区域地质调查报告[R]. 2007.
- Gansu geological survey institute. Report of 1: 250000 regional geological survey in Minxian [R]. 2007.
- 长安大学地质调查研究院. 天水市幅 1: 25 万区域地质调查(修测)成果报告[R]. 2004.
- Chang'an university institute of geological survey. Report of 1: 250000 (compling) geological survey in Tianshui [R]. 2004.
- 甘肃省地质调查院. 1: 25 万上洮坪、下洮坪幅区域地质调查报告[R]. 2007.
- Gansu geological survey institute. Report of 1: 250000 regional geological survey in upper Taoping & lower Taoping [R]. 2007.