

西秦岭柴家庄和酒刺梁花岗岩地球化学及与矿产的关系

宋忠宝¹, 冯益民¹, 何世平¹, 何 芳¹, 李增庆², 赵利利²

(1. 西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054; 2. 甘肃地矿局第一地质队, 甘肃 天水 741020)

摘 要:柴家庄和酒刺梁花岗岩是西秦岭地区两个典型的岩体。岩石均为二长花岗岩, 岩石化学表现为富硅、偏碱和铝过饱和的特征, 均属钙碱性系列花岗岩; 斜长石矿物电子探针分析显示斜长石 An 为 6.68 ~ 12, 主要为钠长石和更长石, 岩浆演化不明显。稀土元素配分型式均为几乎不具负斜异常的轻稀土富集型。两个岩体岩石地球化学特征相近, 但由于其时代相差很远, 并非同源岩浆结晶演化的产物。柴家庄岩体虽然可为柴家庄金矿提供部分成矿物质, 但不可能提供热能; 酒刺梁岩体既不能为柴家庄金矿提供热能, 也不可能提供物源。

关键词:柴家庄花岗岩; 酒刺梁花岗岩; 地球化学; 金矿; 西秦岭

中图分类号: P588. 12⁺. 1

文献标识码: A

文章编号: 1007-6956(2004)02-0086-06

1 引言

关于花岗岩与矿产关系的研究, 一直是地质学界研究最多的课题^[1]。近几年来, 由于在西秦岭柴家庄地区发现了金等矿床, 因此有关其成因、成矿时代、矿源、热源等方面的研究引起了不少地质工作者的兴趣^[2~4]。这里, 作者仅就两个在空间分布上与柴家庄金矿紧密相关的柴家庄花岗岩和酒刺梁花岗岩进行这方面的探讨。

2 柴家庄岩体和酒刺梁岩体岩石、矿物学特征

2.1 产出的构造背景

柴家庄岩体位于天水市柴家庄周围^①, 呈一不规则港湾状岩株产出, 出露面积约 56 km²。岩体产于次级向斜核部, 与围岩总体呈侵入接触关系, 接触面较平整且外倾, 倾角中等或较陡, 局部为断层接触, 围岩主要为下古生界李子园群(图 1)。

酒刺梁岩体位于天水市甘泉南东酒刺梁—胡家沟之间。出露面积约 8 km², 与围岩呈侵入接触关系, 围岩为秦岭群片麻岩夹斜长角闪

片岩、大理岩和下古生界李子园群(图 1)。

2.2 岩石学特征

柴家庄岩体岩性以中细粒二长花岗岩为主, 局部为似斑状二长花岗岩, 连续不等粒二长花岗岩等。块状构造, 花岗结构; 薄片见包含结构发育, 由较大颗粒的斜长石或碱性长石(以微斜长石居多, 最大可达 5 mm 以上)包含数量不等、粒度较一致(一般 0.5 mm)的斜长石组成。薄片中还见有蠕虫状石英共生结构, 主要矿物组成为斜长石、碱性长石、石英、黑云母及少量白云母; 矿物粒度为 0.2 ~ 4.5 mm, 一般 1.5 mm; 副矿物有锆石、榍石、磷灰石和不透明铁矿物等。斜长石为半自形, 含量 30% ~ 50%, 多为钠质斜长石, 具钠长石双晶, 粒度 0.2 ~ 2.4 mm, 单晶细长。碱性长石为正长石和微斜长石, 后者占碱性长石的 1/3 弱, 多具绢云母化和高岭土化, 半自形—它形, 见格子双晶, 发育条纹结构, 含量 1% ~ 3%。白云母小于 1%。岩石具绢云母化, 绿泥石化和方解石化。锆石为白色、棕红色、双锥柱状、柱状、不规则状, 玻璃光泽, 透明或半透明。

收稿日期: 2003-11-07

基金项目: 地质找矿科技攻关项目“北秦岭西段宕昌—教场坝地区中生代构造岩浆岩与金铀多金属矿产的控矿因素成矿规律及找矿方向研究(85-01-018-06)”

作者简介: 宋忠宝(1963-), 男, 陕西澄城人, 副研究员, 长安大学在读矿床专业硕士, 主要从事岩石矿产及同位素地质年代学研究, E-mail: xaszhongbao@cgs.gov.cn.

①甘肃地质矿产局第一地质队. 甘泉寺幅、娘娘坝幅 1/5 万区域地质调查报告, 1991.

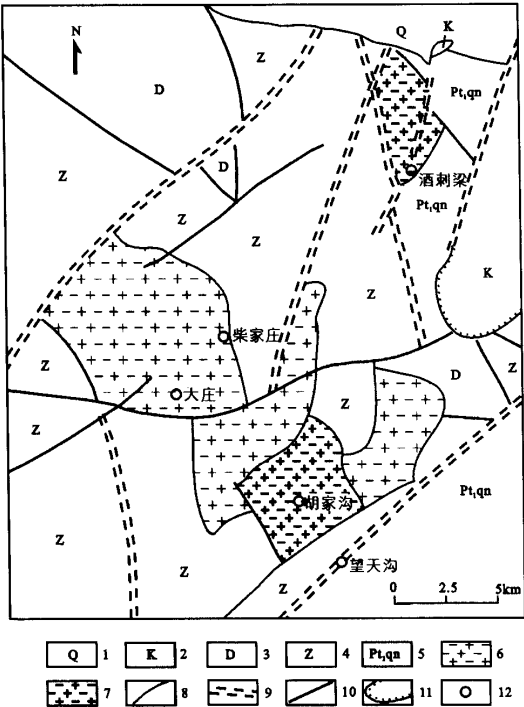


图 1 柴家庄和酒刺梁岩体地质略图
Fig. 1 Geological sketch of granites in Chaijiashuang and Jiuciliang, west Qinling Range

1. 第四系(Q); 2. 白垩系(K); 3. 泥盆系洞山群(D);
4. 下古生界李子园群(Z); 5. 秦岭群(Pt, qn); 6. 柴家庄二长花岗岩; 7. 酒刺梁二长花岗岩; 8. 地质界线; 9. 韧性剪切带; 10. 断裂; 11. 不整合界线; 12. 地名

酒刺梁岩体岩性为二长花岗岩, 似斑状二长花岗岩, 块状构造, 中粒花岗结构, 似斑状结构, 似斑晶为碱性长石巨晶, 包含结构、矿物组成为斜长石、碱性长石、石英等, 矿物粒度为 0.2 ~ 3.5 mm, 一般为 0.6 ~ 2.0 mm, 斜长石为半

自形, 以更长石为特征, 具聚片双晶, 含量 35% 士。碱性长石为它形, 含量 30% 士。副矿物有锆石、磷灰石, 及不透明铁矿物等。锆石以浅黄色、黄色、粉红色、浅棕, 无色为主, 个别为黑色, 金刚光泽, 透明—不透明, 晶形以复正方双锥聚形和复正方柱为主, 个别为正方柱与正方双锥聚形。

2.3 矿物学特征

柴家庄岩体斜长石电子探针分析结果(表 1)揭示, 从边缘相到中心相, SiO₂、Na₂O、K₂O、FeO、TiO₂、NiO 含量由高—低; Al₂O₃、CaO、MnO、Cr₂O₃ 含量由低—高(93ch—15 号样品采自后期石英脉层, 因而 SiO₂ 含量较高, 是后期石英脉的影响), 总体变化不大, 通过计算, 边缘相斜长石 An = 6.68, Ab = 92.50, Or = 0.82; 中心相斜长石 An = 12.00, Ab = 87.82, Or = 0.17。从边缘相到中心相, An 由 6.68(钠长石)变为 12.00(更长石), 表明柴家庄岩体斜长石 An 为 6.68 ~ 12, 主要为钠长石和更长石, 岩浆演化不明显。

3 柴家庄岩体和酒刺梁岩体地球化学特征

3.1 岩石化学

柴家庄、酒刺梁岩体的岩石化学分析结果如表 2 所示。从表中可知, 柴家庄岩体由边缘到中心, SiO₂ 含量变化不大, 表明岩体是一次上升侵位所形成。柴家庄岩体 SiO₂ 含量为 72.23%, 而酒刺梁岩体 SiO₂ 含量为 75.09%, 说明酒刺梁岩体更偏酸性。

将柴家庄岩体与秦巴花岗岩^[5]比较, SiO₂、K₂O 含量明显高于秦巴花岗岩, 而 TiO₂、FeO、

表 1 斜长石电子探针分析结果(%)

Table 1 The microprobe analysis data of the plagioclases(%)

样号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	NiO	总和
93ch-7	66.07	0.72	20.76	0.13	0.02	0.00	2.01	11.01	0.00	0.00	0.00	100.73
93ch-15	67.95	0.00	19.52	0.06	0.00	0.04	1.05	11.29	0.02	0.05	0.04	100.19
93ch-22	66.77	0.00	20.22	0.11	0.00	0.01	2.54	10.55	0.00	0.05	0.01	100.27
93ch-23	66.18	0.34	20.49	0.08	0.00	0.03	0.88	11.19	0.30	0.02	0.06	99.58
93ch-26	64.58	0.02	22.60	0.05	0.03	0.02	2.63	9.17	0.10	0.00	0.00	99.20
93ch-29	65.46	0.87	20.33	0.05	0.03	0.04	2.50	11.32	0.00	0.00	0.00	100.59
边缘相	66.10	0.53	20.63	0.11	0.01	0.02	1.45	11.10	0.15	0.01	0.03	100.14
中心	65.60	0.30	21.05	0.07	0.02	0.02	2.56	10.35	0.03	0.02	0.00	100.02

由西安地质矿产研究所分析

表 2 两岩体的岩石化学分析结果(%)

Table 2 The petrochemistry composition of the two granites(%)

岩体名称	样号	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	Cr ₂ O ₃	NiO	H ₂ O ⁺	总和
柴家庄	93ch-7	72.55	0.61	13.84	0.91	0.03	1.10	0.17	0.67	0.91	1.06	0.07	4.25	4.09	0.07	99.42
柴家庄	93ch-12	69.92	0.62	15.47	1.45	0.04	1.41	0.20	0.35	1.45	1.41	0.09	3.93	4.18	0.09	99.16
柴家庄	93ch-22	72.37	0.10	15.29	0.75	0.02	1.10	0.07	0.40	0.75	0.46	0.06	4.21	4.29	0.01	99.13
柴家庄	93ch-29	74.06	0.10	14.09	0.68	0.02	0.30	0.03	0.20	0.68	1.19	0.04	3.49	4.84	0.01	99.05
酒刺梁	93DMZ-1	75.09	0.21	14.02	0.62	0.01	0.20	0.07	0.52	0.62	0.67	0.06	3.91	4.59	0.05	100.02

由中科院贵阳地球化学研究所李荪蓉分析

MnO、MgO、CaO、Na₂O、P₂O₅ 低于秦巴花岗岩,尤其是 TiO₂、FeO、MgO、CaO 明显低于秦巴花岗岩,从而说明柴家庄花岗岩的化学成分富硅、偏碱性。

柴家庄岩体的氧化系数(Fe₂O₃/ Fe₂O₃ + FeO)为 0.70,酒刺梁岩体的氧化系数(Fe₂O₃/ Fe₂O₃ + FeO)为 0.54。

柴家庄、酒刺梁岩体的里特曼指数σ分别为 2.37、2.25,均属钙碱性系列花岗岩;铝指数分别为 1.10、1.17。

3.2 微量元素

据甘肃地质矿产局第一地质队^①(1991)的研究,柴家庄岩体亲铜元素除 Pb 略高于维氏值外,Cu、Zn 均略低于维氏值;亲铁元素也略低于维氏值;亲石元素除 As 高于维氏值 6 倍外,其余接近。由此可见,在柴家庄岩体附近的分水岭 Pb、Zn 矿,至少有部分物源是柴家庄岩体提供。由于柴家庄岩体 Au、As 背景值高,As 与 Au 关系密切,因此作者认为柴家庄金矿中至少有部分物源是柴家庄岩体所提供。

酒刺梁岩体亲铜元素均高于维氏相应岩石平均值;亲铁元素除 Ti 低于维氏值 7 倍外,其余元素与维氏值相近或略低;亲石元素及其它元素除 Ag 高于维氏值近 10 倍外,其余与维氏值相近。由此可见,分水岭 Pb、Zn 矿的部分物源还来源于酒刺梁岩体。

3.3 稀土元素

如表 3 所示,柴家庄岩体稀土总量为 105.05×10⁻⁶,酒刺梁岩体为 100.45×10⁻⁶;柴家庄岩体轻稀土总量为 100.86×10⁻⁶,重稀土总量为 4.19×10⁻⁶,LREE/HREE 为 24.07;酒刺梁岩体轻稀土总量为 95.56×10⁻⁶,重稀土总量为 4.89×10⁻⁶,LREE/HREE 为 19.54;两个岩体的 δEu 均为 0.95。这些数据表明,柴家庄、酒刺梁两个岩体稀土总量相近,而且均较低,它们的稀土配分型式均为几乎不具负铕异常的轻稀土富集型(图 2)。柴家庄岩体比酒刺梁岩体轻稀土更富集。

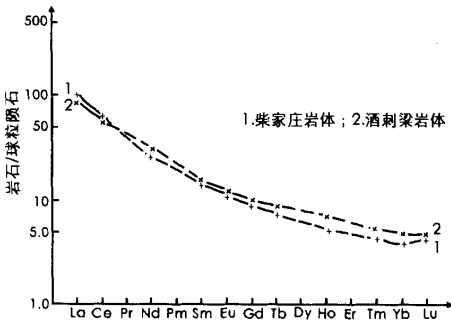


图 2 柴家庄、酒刺梁花岗岩稀土元素球粒陨石标准化配分型式

Fig. 2 The chondritrite-normalized REE patterns of REE from the granites

表 3 稀土元素含量(10⁻⁶)

Table 3 The composition of rare earth elements(10⁻⁶)

岩体名称	样品数	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Ho	Tm	Yb	Lu	总和
柴家庄	4	32.00	49.58	15.60	2.85	0.83	2.38	0.36	0.38	0.14	0.79	0.14	105.05
酒刺梁	1	26.80	46.40	18.50	2.97	0.89	2.67	0.42	0.49	0.17	0.99	0.15	100.45

由中科院高能物理所韩松等用中子活化法分析

①甘肃地质矿产局第一地质队.甘泉寺幅、娘娘坝幅 1/5 万区域地质调查报告,1991.

3.4 金的背景值

据金府实^[6]研究,柴家庄岩体 Au 丰度值为 5.13×10^{-9} ,高于地壳丰度值;据严阵等人(1990)^①研究,酒刺梁岩体金丰度值为 0.54×10^{-6} ,低于地壳丰度值。

上述资料表明,柴家庄二长花岗岩在侵入活动中,对 Au 等成矿元素的活化、迁移、富集提供部分物源,在柴家庄岩体周边形成的柴家庄、分水岭、二房沟和关陵根等 Au、Ag、Pb、Zn 矿产就是很好的例子。

3.5 源区探讨及成因类型

3.5.1 源区探讨

n. r. 涅达什科夫斯基、A. M. 连尼科夫^[7]认为花岗岩类主要是通过三种途径形成的:幔源玄武质岩浆结晶分异,前寒武纪原始地壳地层超变质改造和大陆地壳物质再生重熔作用的结果。

第一类(幔源)岩石的特点是铈大于钡,铷含量极低;第二类(壳源)是钡大于铈,铷含量较高;而其它岩石界于上述两类岩石之间。

将柴家庄、酒刺梁花岗岩的 Rb、Sr、Ba 含量与之比较,可看出两个岩体的 Ba 含量均大于 Sr 含量,Rb 含量较高,因而柴家庄、酒刺梁花岗岩均为壳源岩石;酒刺梁花岗岩的 Rb 含量低于柴家庄花岗岩,故酒刺梁花岗岩源区要深于柴家庄花岗岩。

花岗岩的 Rb—Sr 含量图解表明,在花岗岩的 δE_u 值与 Rb、Sr 含量之间存在着相互关系。将柴家庄、酒刺梁花岗岩的 Rb、Sr 含量投影在图 3 上,投影点落在上下地壳交界处, $\delta E_u = 0.7$,而实际计算的柴家庄、酒刺梁花岗岩的 δE_u 值均为 0.95,从而说明柴家庄、酒刺梁花岗岩的源区处于上下地壳交界部位,而酒刺梁花岗岩源区比柴家庄花岗岩源区要深一些。

3.5.2 成因类型

若以 Na_2O-K_2O 分别为纵横坐标作图,则 I 型和 S 型花岗岩在图中有显著不同。I 型集中于左上端,S 型则分布于右下角。柴家庄、酒刺梁岩体的 Na_2O-K_2O 含量分布如图 4 所示。

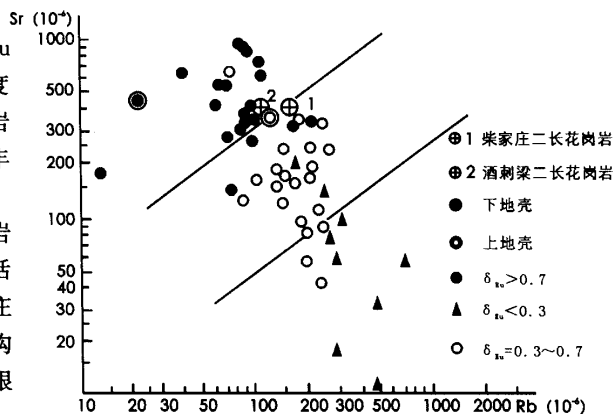


图 3 不同类型花岗岩的 Rb—Sr 图解

Fig. 3 Rb—Sr diagram of different granites

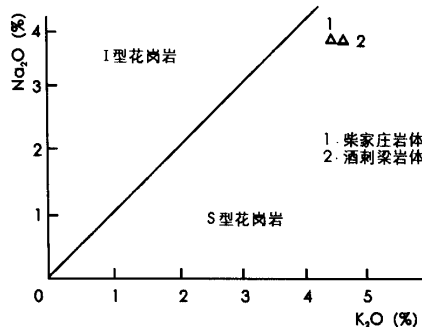


图 4 花岗岩的 Na_2O-K_2O 判别图解

Fig. 4 Na_2O-K_2O diagram of the granites

两个岩体的投点均分布于 S 型花岗岩区,说明柴家庄、酒刺梁花岗岩均为 S 型花岗岩。

4 成矿意义

前人认为柴家庄岩体不但为金矿提供热源,而且提供成矿物源,主要依据是柴家庄岩体侵入时代为印支期,金的丰度高于地壳平均丰度。

据金府实^[6]研究:柴家庄岩体的侵入对金的富集成矿起了重要作用:①含矿带及其中矿(化)体分布于岩体分枝的“港湾”或外围不远地带,即岩体侵入活动过程中的热晕波及地带。②矿物包裹体测温结果说明:距岩体较近、位置低下者包裹体较小($5 \sim 11 \mu m$),气液比小($5 \sim 15$),形成温度高($154 \sim 218^\circ C$,平均 $181.5^\circ C$),

①严阵,等.《秦巴花岗岩含金性研究》科研报告,1990.

而距岩体较远、标高相对较大者,包裹体较大($5 \sim 20 \mu\text{m}$)、气液比较大($5 \sim 20$),形成温度低($134 \sim 200^\circ\text{C}$,平均 165.3°C)。这些特征均说明成矿与岩体侵入有成因联系。③盐度测定结果表明:距岩体较近、标高较低者(I V/1 116)含盐度较高($\text{NaCl } 2.6\% \sim 7.3\%$,平均 6.0%)。而距岩体较远、标高较大者(I V/1 115)含盐度较低($\text{NaCl } 3.5\% \sim 6.7\%$,平均 5.8%),亦说明成矿与岩体侵入有成因联系。④Bi 作为 Au 的指示元素,它与 Au 的相关系数是 0.853,偏相关系数为 0.547,说明二者关系密切。从指示元素地化参数看,Bi 的变化系数最大(278.3),其次是 Au、As、Cu,可见 Bi 不仅明显地参与了成矿作用,而且可能主要是代表岩浆热液的标志。

据研究^[3],该区围岩及中酸性侵入岩中金的丰度值较高,而且甘肃地质一队曾对柴家庄金矿进行过少量氧同位素及气液包裹体研究,认为成矿流体中有岩浆水的成分。

然而一个明显的事实是柴家庄金矿(化)全部沿着三面被中酸性岩体包围的北北东向韧性剪切带,在岩体中,我们取了不少黄铁矿化的样品,经测试均不含金。在该区其它金矿点及矿化地段也有类似现象。柴家庄岩体成岩年龄($307 \sim 308 \text{ Ma}$)早于柴家庄金矿形成时代^[2],因此,有理由认为,柴家庄岩体虽可提供部分成矿物质,但不可能提供热能;成矿物质来源可能是多源的^[3]。

酒刺梁岩体金的背景值低于地壳平均丰度(6个样品平均含金量为 0.54),因而不可能为柴家庄金矿提供物源,而且酒刺梁岩体距矿体(化)相对较远。在酒刺梁岩体有很好的黄铁矿化石英脉,经测试均不含金,酒刺梁岩体成岩年龄($580 \pm 8 \text{ Ma}$)远早于柴家庄金矿形成时代^[8]。故酒刺梁岩体既不能为柴家庄金矿提供热能,也不可能提供物源。

5 结论

通过上述分析,我们可以得出以下 3 点认识:

(1)由柴家庄花岗岩的矿物电子探针分析结

果和斜长石 An 可知,柴家庄花岗岩的斜长石 An 为 $6.68 \sim 12$,主要为钠长石和更长石,岩浆演化不明显。

(2)柴家庄、酒刺梁花岗岩均属钙碱性系列花岗岩;氧化系数分别为 0.699、0.544;里特曼指数分别为 2.368、2.251;铝指数分别为 1.10、1.17;岩石化学表现为富硅、偏碱和铝过饱和的特征;稀土配分型式均为几乎不具负铈异常的轻稀土富集型, δEu 均为 0.95。虽然两个岩体的岩石地球化学特征相近,但由于两者时代相差较大(柴家庄岩体, $307 \sim 308 \text{ Ma}$;酒刺梁岩体, $(580 \pm 8) \text{ Ma}$),并非同源岩浆结晶演化的产物。

(3)在空间上两个岩体与柴家庄金矿紧密相关;时间上成岩年龄均早于成矿年龄^[2,8]。由两个岩体的金背景值和微量元素可知,柴家庄岩体虽可为成矿提供部分成矿物质,但不可能提供热能,成矿物质来源可能是多源的^[3];酒刺梁岩体既不能为柴家庄金矿提供热能,也不可能提供物源。

参考文献:

- [1]陈迪云,章邦桐,孙大中,等.武夷山高溪和富碱花岗岩体地球化学及其与铀矿成矿的关系[J].岩石学报,1997,13(1):71-84.
- [2]宋忠宝,冯益民,何世平,等.西秦岭柴家庄花岗岩的同位素年代[J].甘肃地质学报,1996,5(2):96-97.
- [3]冯益民,李增庆,何世平,等.北秦岭西段金矿主要控矿因素[J].河南地质,1994,12(4):294-303.
- [4]张维吉,孟宪恂,胡健民,等.祁连-北秦岭造山带接合部位构造特征与造山过程[M].西安:西北大学出版社,1994.
- [5]尚瑞钧,严阵.秦巴花岗岩[M].武汉:中国地质大学出版社,1988.
- [6]全府实.甘肃天水柴家庄金矿之研究[J].甘肃地质学报,1994,3(2):53-63.
- [7]n. r. 涅达什科夫斯基, A. M. 连尼科夫. 钽-铌-锆比值是花岗岩类成因和演化的指示剂[J]. 孙恭安译. 国外花岗岩类地质与矿产,1994,1:22-28.
- [8]宋忠宝,冯益民,何世平,等.西秦岭酒刺梁花岗岩的同位素年代学及其地质意义[J].西北地质科学,1996,36(2):6-10.

Lithogeochemical Characters of Chaijiazhuang and Jiuciliang Granites in West Qiling Mts. and Its Relation to the Minerals

SONG Zhong-bao¹, FENG Yi-min¹, HE Shi-ping¹,
HE Fang¹, LI Zeng-qing², ZHAO Li-li²

(1. *Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054;*

2. No. 1 Geology Exploration Party, BGMR, Gansu 741020)

Abstract: The Chaijiazhuang and Jiuciliang adamellite granites are two typical granites in western part of Qinling Mts. The lithogeochemical characteristics indicate that the two granites are Si-rich, alkali-slight-rich and Al-over-saturation, belonging to the alkali-series granite. The electron microprobe analysis of plagioclase shows that their *Ans* are from 6.68 ~ 12, and belong to albite and oligoclase. Magmatic evolution of the intrusion is not clear. The REE spider diagram patterns are LREE-rich patterns without Eu depletion. In a word, both granites have similar lithogeochemical characteristics. But they aren't from the same parent magma because there is a long time between their formations. Chaijiazhuang granite might provide partial ore-forming mineral for the Chaijiazhuang Au-deposit but not the heat energy source. The Jiuciliang granite might not provide the ore-forming material or the heat source.

Key words: Chaijiazhuang granite; Jiuciliang granite; geochemistry; gold ore; west Qiling Mts.