

甘肃公婆泉浅海相含铜斑岩的 地质与地球化学特征^①

雷良奇 宋慈安 杨启军
(桂林工学院资源与环境工程系, 桂林 541004)

摘 要 与大多数含铜斑岩产于陆相火山岩区不同, 甘肃公婆泉含铜斑岩(即英安斑岩和花岗闪长斑岩)在空间和成因上与中-晚志留世浅海相火山岩系关系密切。这两类含铜斑岩均侵入于石英粗面岩中, 斑晶矿物成分、斜长石牌号、岩石化学成分、铁族及成矿元素的丰度等相近, 均属钙碱性岩系(里特曼指数为 1.69~2.75), 富含 K(K_2O 为 2.80%~4.77%)、低 Al(Al_2O_3 为 14.46%~16.01%)、低 Ca(CaO 为 2.49%~4.63%) 及成矿元素含量较高的特点。与花岗闪长斑岩相比较, 英安斑岩的斑晶含量较低而晶屑含量较高、钾化蚀变较强烈、 Fe_2O_3/FeO 值和 K_2O 含量较高、 CaO 含量较低。两类斑岩是同源岩浆的浅成-超浅成侵入体, 英安斑岩的侵位深度相对较浅。

关键词 斑岩铜矿 斑岩 甘肃公婆泉

中图法分类号 P588.13

关于“含铜斑岩产于陆相火山岩带构造环境”的认识已普遍地为人们所接受, 并已成为斑岩型铜(钼)矿床找矿的主导思想^[1, 2]。但甘肃公婆泉含铜斑岩却是一个例外, 它产于浅海相安山质火山岩系中, 具有较为独特的成矿地质条件。因此对其进行深入研究, 对于开拓斑岩铜(钼)矿床的找矿思路具有一定的理论和实际意义。本文在较详细的野外观察和镜下鉴定的基础上, 运用岩石化学成分和元素丰度分析资料, 探讨浅海相含铜斑岩的地质与地球化学特征, 并将其与我国东部的陆相含铜斑岩进行比较, 试图找出他们之间的区别与联系。

1 地质背景

公婆泉铜矿田地处甘肃省肃北蒙古族自治县马鬃山镇。区域大地构造位置属天山-内蒙地槽褶皱系的北山海西褶皱带北缘^[3]。矿田面

积约 105 km², 包括 3 个矿区(即一矿区、二矿区和三矿区)和 3 个矿点(即跃进岗、黑石山和沙泉沟矿点)。一矿区位于矿田的中西部, 是目前主要的铜生产矿区, 铜矿体呈细脉浸染状赋存在(次)英安斑岩和花岗闪长斑岩(简称含铜斑岩, 下同)中。

矿田内岩浆活动十分强烈, 自加里东期至海西期、印支期都有岩浆活动, 但以海西期岩浆活动最为强烈。岩浆岩出露面积约占矿田总面积的 70%, 从基性岩类(橄榄辉长岩、辉长岩、辉绿岩), 至中-酸性岩类(石英闪长岩、花岗闪长岩、更长花岗岩和钾长花岗岩等), 到酸性岩类(细粒二长花岗岩、似斑状二长花岗岩、似斑状二长岩等)均有出露。

矿田内出露中-晚志留世浅海相火山喷发沉积岩系(厚度 > 3 000 m), 即公婆泉群^[4, 5]。根据公婆泉群(简称 S_{2-3gn} , 下同)火山岩系的标准层和层序, 可将其化分为 14 个韵律和 5

① 国家计委九五科技找矿项目 JG9471901 收稿日期: 1997-02-21; 修回日期: 1998-02-18
雷良奇, 男, 41 岁, 副教授, 博士

个旋回,由早到晚火山岩岩性由安山质凝灰岩(夹千枚岩、板岩)、安山岩→英安岩、钠流纹岩→石英粗面岩(夹磁铁矿层)→安山岩(夹生物碎屑大理岩层),形成一个较完整的演化周期^[6]。公婆泉含铜斑岩与 S_{2-3gn}火山岩系空间及成因关系密切,为中-晚志留世浅海相次火山岩。

2 含铜斑岩的地质特征

2.1 英安斑岩

英安斑岩仅出露于一矿区一矿段,走向 320°,倾向 SW,倾角 80°。露头长约 450 m,宽约 90~180 m,面积约 0.04 km²。岩体南北两侧均与辉长岩断层接触,东西两侧分别与石英粗面岩、安山岩侵入接触。岩石呈暗绿至灰黑色,具斑状结构。斑晶长度一般 0.2~2 mm,其中斜长石(为中长石,斜长石牌号 32~45)占 21%~30%,角闪石 0.6%~5%,黑云母 1.5%~5%,石英 0.3%~0.5%。斜长石斑晶常具环带状结构。基质粒度一般 0.006~0.02 mm,具霏细结构,有时见显微嵌晶结构。

2.2 花岗闪长斑岩

花岗闪长斑岩主要出露于一矿区三矿段,主岩体为呈 NEE 向延伸的大岩墙,东西长约 1100 m,南北宽 140~200 m,出露面积约 0.2 km²。南北两侧分别与石英粗面岩和安山岩断层接触,东部被 F₃ 断层切断。此外,在一矿区三矿段和二矿段的石英粗面岩及钠流纹岩中可见花岗闪长斑岩岩脉零星出露,并被细粒二长花岗岩脉穿切。

花岗闪长斑岩呈暗灰绿色,具斑状结构,块状构造。斑晶较细(粒度 0.2~3 mm)而多(占 30%~55%),其中斜长石(为中长石,斜长石牌号 32~45)占 25%~34%,角闪石 4%~8%,黑云母 2%~5%,石英 0.5%~3%。斜长石斑晶常具环带结构,浅色矿物斑晶常具熔蚀结构,暗色矿物斑晶多呈聚斑状结构及反应边结构。基质粒度一般 0.01~0.04 mm,呈显微它形粒状结构。

2.3 含铜斑岩体的侵位时间、对比及与火山岩间的关系

(1) 花岗闪长斑岩形成于石英粗面岩之后,即火山活动中晚期,细粒二长花岗岩之前,应属浅成侵入体或次火山岩。证据如下:

① 花岗闪长斑岩脉侵入于钠流纹岩和石英粗面岩之中,并切穿石英粗面岩中的条带状磁铁石英岩层,但被细粒二长花岗岩脉穿插。

② 斜长石斑晶的有序度为 0.25,基本上处于无序构造状态。

③ 花岗闪长斑岩具斑状结构,基质呈显微它形粒状结构。这是浅成侵入体共有的特点。但基质粒度较细,接近霏细结构,暗色矿物常呈聚斑产出,并具明显的反应边结构。这种现象又与一般的浅成侵入体不同,而与次火山岩相似。

(2) 英安斑岩与花岗闪长斑岩大同小异:均侵入于石英粗面岩之中,斑晶的矿物成分接近,斜长石牌号相同,岩石结构构造也相似。不同之处在于,与花岗闪长斑岩相比较,英安斑岩的斑晶含量较低,而晶屑含量较高;斜长石斑晶长宽比变化范围较大;基质粒度更细,具霏细结构和显微嵌晶结构;暗色矿物斑晶的岩浆自交代作用更为强烈(黑云母聚斑晶常具角闪石晶形假像)。上述差别说明英安斑岩的侵位时间与花岗闪长斑岩接近,但其侵位深度比花岗闪长斑岩还要浅。

英安斑岩在结构构造、斑晶及晶屑含量和长石斑晶长宽比等方面与英安岩、石英粗面岩、钠流纹岩和安山岩等火山喷出岩有明显的差异。

3 含铜斑岩的岩石化学成分及元素丰度

3.1 岩石化学成分

(1) 英安斑岩与花岗闪长斑岩对比

公婆泉两种含铜斑岩的主要化学成分(表 1),如 SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃+FeO, MgO

表 1 含铜斑岩化学成分对比表

Table 1 Chemical composition (%) of bearing-copper porphyry

	Dacite porphyry				Granodiorite porphyry		(1)	(2)	(3)
	I - 111	I - 112	I - 113	I - 114	II - 111	II - 112			
SiO ₂	66.53	64.38	61.85	65.82	65.73	65.06	62.94	64.98	65.70
TiO ₂	0.55	0.51	0.65	0.50	0.51	0.62	0.48	0.52	0.65
Al ₂ O ₃	14.46	15.66	14.82	14.52	14.99	16.01	15.40	16.33	15.24
Fe ₂ O ₃	1.66	4.81	2.78	1.53	2.46	1.36	2.33	1.89	2.88
FeO	2.95	2.01	3.45	3.34	3.06	3.31	2.74	2.49	1.56
MnO	—	0.11	0.14	0.13	—	—	0.32	0.09	0.10
MgO	2.22	1.01	2.91	2.10	2.17	2.03	2.42	1.94	1.57
CaO	2.71	4.63	2.84	2.49	3.71	4.40	4.13	3.70	4.00
Na ₂ O	2.96	2.76	3.01	2.45	3.10	3.31	3.77	3.67	3.13
K ₂ O	4.00	4.74	4.19	4.77	3.52	2.80	3.18	2.95	2.83
P ₂ O ₅	0.13	0.14	2.28	1.52	0.14	0.12	0.24	0.32	0.16
H ₂ O ⁺	1.45	0.06	< 0.01	< 0.01	0.37	0.75	1.40	0.83	2.18
CO ₂	—	—	—	—	0.29	—	—	0.29	—
Burn loss	1.90	1.95	2.47	1.67	0.66	1.11	—	—	—
Total	101.52	102.77	101.40	100.85	100.71	100.88			
δ	2.06	2.63	2.75	2.28	1.93	1.69			

Chemical analysis by Research Institute of Geology for Mineral Resources, CNNC; I - 111, I - 112, etc—Sample number; (1) —Dexing granodiorite porphyry, Jiangxi Province, P. R. China; (2), (3) —Dacite, Granodiorite of China (Li Tong, Rao Jilong, 1962).

和 Na₂O 相同。不同之处: 英安斑岩中 CaO 含量较低, 而 K₂O, P₂O₅ 较高。英安斑岩中 K₂O 明显较高与岩体中较强的钾化蚀变有关。两种斑岩虽然 Fe₂O₃+ FeO 值相同, 但 Fe₂O₃/FeO 值则差异明显, 英安斑岩的 Fe₂O₃/FeO 值平均为 0.92, 花岗闪长斑岩为 0.6, 表明英安斑岩的氧化程度相对较高, 即岩体侵入深度相对较浅, 这与 2.3 节所得结论一致。综合上述, 两种斑岩为同源岩浆, 侵位深度不同。

(2) 里特曼指数(δ): 英安斑岩为 2.06~2.75, 花岗闪长斑岩为 1.69~1.93(表 1), 两者均属钙碱性岩系(根据里特曼的界定, 钙碱性岩系的 δ 值变化范围为 1.65~3.14)。

(3) 与中国英安岩及花岗闪长岩平均值(据黎彤、饶纪龙, 1962)相比较(表 1), 公婆泉英安斑岩和花岗闪长斑岩均表现出 Al₂O₃ 较低、K₂O 和 K₂O/Na₂O+K₂O 值较高, 即贫铝、富碱的特点。公婆泉花岗闪长斑岩的岩石化学成分与江西德兴铜厂花岗闪长斑岩的岩石化学成分基本相同(表 1)。在 K₂O+Na₂O 对 SiO₂ 变异图(图 1)中, 公婆泉含铜斑岩的投影点落入中国主要含铜斑岩的分布区, 即强碱质

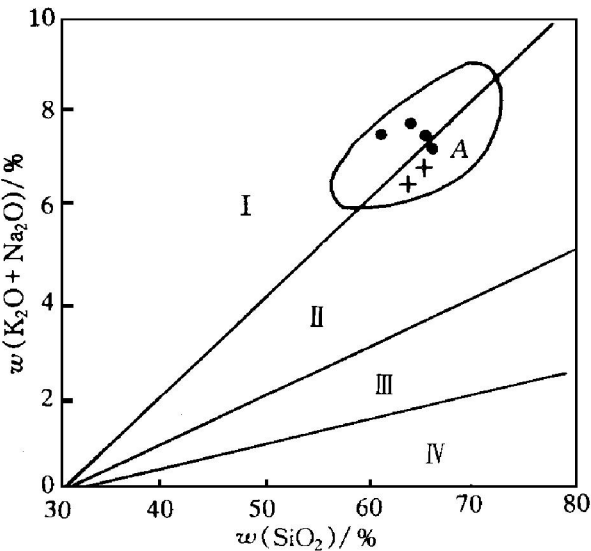


图 1 K₂O+ Na₂O 对 SiO₂ 变异图

Fig. 1 Variation diagram of (K₂O+ Na₂O) vs SiO₂

Slopes of oblique lines are corresponding to (K₂O+ Na₂O): SiO₂= 1: 5, 1: 10, 1: 20 respectively;

I, II, III, IV—High alkali, alkali, low alkali, poor alkali respectively;

●, + —Dacite porphyry,

granodiorite porphyry of Gongpoquan;

A —Distribution area of Chinese main porphyry copper^[2]

区与碱质区的分界线附近;在 FMC 图解(图 2)中,公婆泉含铜斑岩的投影点也落在中国主要含铜斑岩的分布区或附近,即位于低钙区。表明公婆泉含铜斑岩属于适度富碱、低钙的岩石类型,与中国主要铜斑岩的特征^[2]相似。

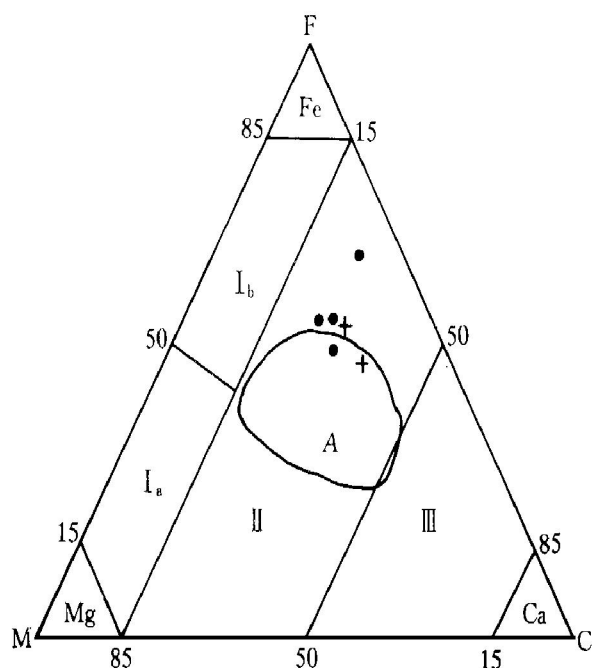


图 2 FMC 图解

Fig. 2 FMC diagram

F—Total Fe; M—Mg; C—Ca;

Ia—Mg-Fe area of poor Ca;

Ib—Mg area of poor Ca; II—Low Ca area;

III—Rich Ca area; ●, +—Dacite porphyry, granodiorite porphyry of Gongpoquan respectively;

A—Distribution area of Chinese main porphyry coppers^[2]

3.2 岩石中元素丰度

(1) 公婆泉两类含铜斑岩中铁族元素(V, Cr, Mn, Co 和 Ni), Ga 和 Sr, 以及成矿元素(Zn, Mo, Sn, Bi, W, As 和 Au) 含量均相近(表 2), 表明两类斑岩是同源的。英安斑岩中 Ba, B, F 及 Pb 含量相对较低。

(2) 与酸性岩维氏值(据维诺格拉多夫, 1962)相比较, 公婆泉两类铜斑岩的成矿元素 Pb, Zn, Mo, Bi, As 和 Sb, 以及 Ba 含量明显较高(表 2); 而 Ti, Cr, Mn, Ni, Ga, Sr 和 F 含量则明显较低; V, Co 和 B 含量相近。

4 含铜斑岩形成的构造环境

在戈蒂尼-里特曼图解(图 3)中, 公婆泉含铜斑岩和火山岩(石英粗面岩除外)均位于日本火山岩投影线(J)弧顶右侧的一定距离, 即位于造山带和岛弧火山岩区。在 Ti—Cr 座标图(图 4)中, 公婆泉含铜斑岩均落入岛弧玄武岩区。表明公婆泉含铜斑岩及有关火山岩形成于岛弧火山岩带构造环境, 即所谓“塔里木—中朝板块中段过渡类型区岛弧火山岩带”^[7-9]。

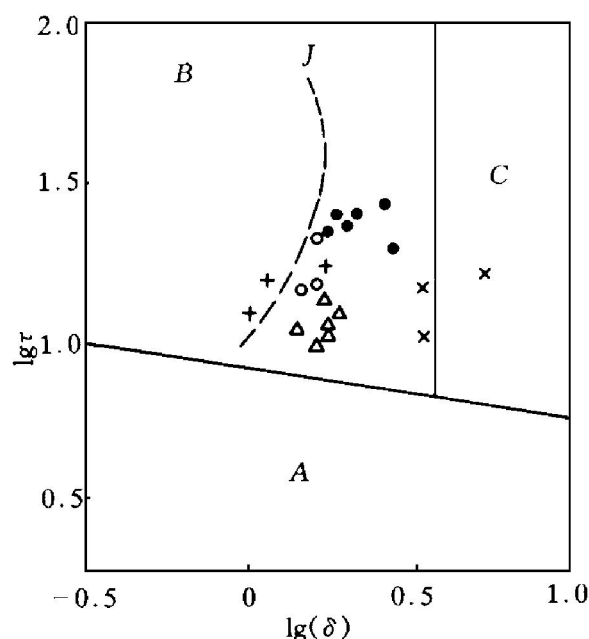


图 3 戈蒂尼-里特曼图解

Fig. 3 Diagram of $\lg \tau$ vs $\lg \delta$

A—Volcanic rock of nonorogeny zone;

B—Volcanic rock of orogeny zone and island arc;

C—Alkaline rock derived from A and B area;

J—Projection line of Japanese volcanic rock;

●—Dacite porphyry and granodiorite porphyry;

+—Andesite; ×—Quartz trachyte;

Δ—Narhyolite; ○—Dacite

5 结语

(1) 公婆泉两类含铜斑岩, 即英安斑岩和花岗闪长斑岩, 在地质特征、岩石化学成分和

表 2 含铜斑岩元素丰度对比表(10^{-6})

Table 2 Element abundance (10^{-6}) of bearing-copper porphyry

	Dacite porphyry					Granodiorite porphyry					Granite [†]
	$\bar{X}$	<i>n</i>	σ_n	Max	Min	$\bar{X}$	<i>n</i>	σ_n	Max	Min	
Cu		17		> 1 800	182.7		13		> 1 800	16.9	20
Pb	88.94	17	45.1	174.9	25.0	144.1	13	118.4	453.1	47.1	20
Zn	182	17	36.38	231	109	164.2	13	45.0	242	71	60
Mo	1.01	17	0.52	2.18	0.43	1.24	13	0.56	2.16	0.42	1.0
Sn	1.31	17	0.38	2.1	0.9	1.72	13	0.48	2.3	0.5	3
Bi		17		0.3	0.30	0.87	12	0.97	3.78	0.3	0.01
W		17		1.8	1.6		13		1.8	1.8	1.5
As	5.31	18	1.66	9.1	3.3	7.98	11	1.17	9.7	6.6	1.5
Sb	1.78	18	0.49	2.94	1.2	3.34	13	0.99	5.12	1.88	0.26
Ag		17		> 5.0	0.144		13		> 5.0	0.083	0.05
Au [*]	2.01	16	1.66	5.45	0.22	2.73	12	2.05	6.72	0.27	4.5
Ti	3 031	17	351	4 061	2 593	3 032	13	634.8	4 225	2 004	2 300
V	119	17	23.97	162	80	111.2	13	29.13	183	67	—
Cr	33.35	17	5.11	44	23	29.08	13	9.04	42	14	25
Mn	1 029	17	127	1 241	840	959.5	12	151.8	1 146	693	600
Co	13.04	17	2.33	18.9	10.4	12.9	13	3.95	19.2	7.4	5
Ni	15.84	17	3.29	19.7	12.2	16.4	13	6.3	27.5	6.4	8
Ga	12.41	17	1.24	14.7	10.6	12.4	13	2.98	18.5	8.0	20
Sr	261.7	17	85.46	462	134	267.7	13	128.5	572	162	300
Ba	1 326	17	341	2 043	738	2 317	13	1 640	6 729	945	830
B	8.03	17	3.51	20.7	4.0	15.3	13	7.87	28.8	6.9	15
F	192	17	38.33	300	160	300	13	97.87	500	170	800

Chemical analysis by Research Institute of Geology for Mineral Resources, CNNC; * : $\times 10^{-9}$; †: Average granite (Welogradov, 1962) .

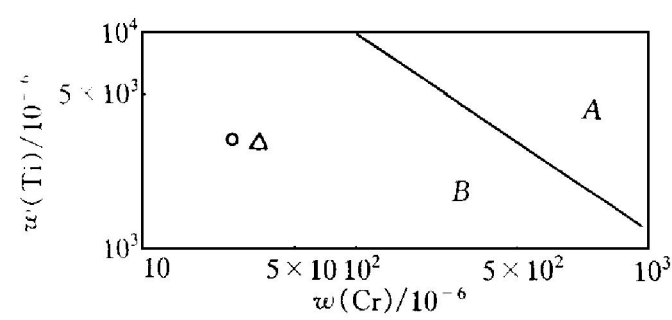


图 4 Ti- Cr 图解

Fig. 4 Diagram of Ti- Cr

A, B —Seafloor basalt, island arc basalt;
△ —Dacite porphyry; ○ —Granodiorite porphyry

元素丰度等方面表现出相同或相似的特征，表明两者是同源岩浆的浅成- 超浅成侵入体。英安斑岩的侵位深度比花岗闪长斑岩相对较浅。

(2) 公婆泉含铜斑岩与公婆泉中- 晚志留世浅海相火山喷发沉积岩系时空和成因关系密切，形成于火山活动的中晚期，具次火山岩的

特征。

(3) 公婆泉含铜斑岩与中国主要含铜斑岩相似: 属钙碱性岩系，具适度富碱(K_2O)、低铝、低钙、成矿元素丰度值较高的特点。

(4) 与中国大多数含铜斑岩形成于陆相火山岩带不同，公婆泉含铜斑岩产于浅海相火山岩区，即公婆泉斑岩铜矿床形成于浅海环境。这类斑岩铜矿床目前还少见报道。因此对其成岩成矿作用(如海水的参与对斑岩铜矿成矿体系的影响等问题) 深入研究，对于丰富斑岩铜矿的成矿理论，以及在浅海相火山岩区寻找斑岩铜矿开拓新思路具有较大的实际意义。

致谢

在野外工作期间曾得到甘肃有色地质四队王德润总工程师和甘肃有色地勘局李实高级工程师的大力支持，本文部分引用了四队及桂林

矿产院的资料, 在此一并致谢!

REFERENCES

- 1 Rui Zongyao, Huang Zongke, Qi Guoming *et al.*. The Chinese Porphyry Cu (Mo) Deposits. Beijing: Geology Press, 1984: 61– 75.
- 2 Geological Institute of Metallurgical Industry Ministry. The Chinese Porphyry Copper Deposits. Beijing: Science Press, 1984: 55– 69.
- 3 Tang Zhiqian. Northwest Geology, 1991, 12(2): 34– 38.
- 4 The Second Geology Team of Gansu Geology Bureau. 11– 47– (20) (Gongpoquan Area) Geological Report (1: 200000). Beijing: Geology Press, 1969: 10– 15.
- 5 Tang Zhiqian. Minerals and Prospect, 1990, (6): 11– 16.
- 6 Lei Liangqi, Song Cían and Yang Qijun. Acta Petrologica Sinica, 1998, 14(1): 99– 107.
- 7 Zuo Gouchao, He Gouqi *et al.* Plate Tectonics and Mineralization Regularity. Beijing: Beijing University Press, 1990: 56– 58.
- 8 Zuo Gouchao and He Gouqi. Northwest Geologic Science, 1995, 16(1): 1– 9.
- 9 Wang Daway, Zu Zhiping and Li Shaoxiong. Northwest Geologic Science, 1995, 16(1): 115– 122.

GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF MARINE BEARING-COPPER PORPHYRY OF GONGPOQUAN COPPER ORE FIELD, GANSU, CHINA

Lei Liangqi, Song Cían and Yang Qijun

*Department of Resources and Environment Engineering,
Guilin Institute of Technology, Guilin 541004, P. R. China*

ABSTRACT In the world, most of the bearing-copper porphyries occur at the zone of the continental volcanic rocks, but the situation is very different in the Gongpoquan copper ore field: the porphyries (dacite porphyry and granodiorite porphyry) occur at the area of the marine volcanic rocks. These two sorts of porphyries invaded into the S_2-3 quartz trachyte, and they are similar in the mineral composition of porphyritic crystal, number of feldspar, chemical composition of rock, and element abundance (V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, Mo, Sn, W, As, etc). In addition, the porphyries belong to the lime-alkali series ($\delta = 1.69 \sim 2.75$) and are characterized by higher K_2O (2.80% ~ 4.77%), lower Al_2O_3 (14.46% ~ 16.01%), lower CaO (2.49% ~ 4.63%), and higher minerogenetic element abundance. On the other hand, comparing with the granodiorite porphyry, the dacite porphyry holds the following different characters: less quantity of porphyritic crystal and more quantity of crystalloclastic, more intensive K-alternation, higher Fe_2O_3/FeO and K_2O , and lower CaO. Accordingly, these porphyries are shallow invasive body from the same magma chamber, and the invasive depth of the dacite porphyry is more shallow than the invasive depth of the granodiorite.

Key words porphyry copper porphyry Gongpoquan Gansu

(编辑 何学锋)