## 参 考 文 献

1 Kornberg A, Baker T A. DNA Replication, 2nd ed. New York: W H Freeman and Company, 1992
2 Dove W F, Hargrove E, Ohashi M, et al. Replicator activation in lambda. Jap J Genet, 1969, 44(suppl): 11~ 22
3 Mensa_Wilmot K, Carroll K, McMacken R. Transcriptional activation of bacteriophage λDNA replication *in vitro*: regulatory role of histone-like protein HU of *Escherichia coli*. EMBO J, 1989, 8: 2 393~ 2 402
4 McKinney M D, Wechsler J A. RNA polymerase interaction with dnaB protein and lambda P protein during lambda replication. J Virol, 1983, 48: 551~ 554
5 Wold M S, Mallory J B, Roberts J D, et al. Initiation of bacteriophage λDNA replication *in vitro* with purified λreplication proteins. Proc Natl Acad Sci USA, 1982, 79: 6 176~ 6 180
6 Sambrook J, Fritsch E F, Maniatis T. Molecular Cloning: A Laboratory Manual, 2nd ed. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1989
7 Struhl K. A rapid method for creating recombination DNA molecules. BioTechniques, 1985, 3: 452~ 453
8 Alfano C, McMacken R. The role of template superhelicity in the initiation of bacteriophage λDNA replication. Nucleic Acids Res, 1988, 16: 9 611~ 9 630

(1997-10-21 收稿, 1998-01-18 收修改稿)

# 黔西南两种成因类型的卡林型金矿床

庄汉平 卢家烂 傅家谟 刘德汉
(中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640)

摘要 在研究黔西南烂泥沟和戈塘两个典型的卡林型金矿床有机地球化学特征的基础上, 通过地质背景、火成岩、古油藏、岩相古地理和矿床地质特征等方面的比较, 认为黔西南卡林型金(汞锑铊)矿床有两种成因类型: 烂泥沟型和戈塘型. 烂泥沟型金矿床包括烂泥沟、板其、丫他, 主要分布在矿区东南部的浊积岩区, 与古油藏有成因联系; 戈塘型金矿床包括戈塘、紫木凼、大厂和栏木厂, 主要分布在矿区的西北部峨嵋山玄武岩区, 矿床的形成与煤系有机质的还原作用有关.

关键词 **黔西南 卡林型金矿床 成因类型 有机质**

在以往的研究中人们总是试图用一种模式去概述卡林型金矿床的成因[1~5], 而模糊了不同矿床之间的差别. 事实上, 卡林型金矿床是以自然地理命名的, 虽然众多的研究赋予它金赋存状态的内涵, 但它不是一个成因概念.

笔者最近在黔西南卡林型金矿床有机地球化学研究过程中, 注意到烂泥沟金矿床和戈塘金矿床有机地球化学特征存在明显的差异[6]1); 并结合前人的资料, 从地质背景、火成岩、古油藏、岩相古地理和矿床地质特征等方面进行了比较, 认为黔西南卡林型金(汞锑铊)矿床有两种成因类型: 烂泥沟型和戈塘型. 烂泥沟型金矿床包括烂泥沟、板其、丫他; 戈塘型金矿床包括戈塘、紫木凼、大厂和栏木厂.

1) 庄汉平. 中国几个典型大型超大型锗银金矿床有机地球化学研究. 中国科学院地球化学研究所博士学位论文. 贵阳, 1996, 118

## 1 矿床的有机地球化学特征对比

烂泥沟金矿床含丰富的有机质(Corg= 0.42%～2.80%),有机质在空间上与断裂和金矿体一致. 矿石中的固体有机质可分为煤屑物质和焦沥青. 煤屑物质主要由镜质组和丝质组组成,镜质组约占煤屑物质的60%,可区分为均质镜质组和基质镜质组. 丝质组约占煤屑物质的30%,可分为丝质体和半丝质体两类. 煤屑物质呈不规则状、角砾状或破碎状分散于矿物间隙,或沿沉积层理形成有机质条带. 煤屑物质是沉积成岩期形成的,与金矿化关系不密切.

焦沥青在空间上与热液石英脉有关,分布很有规律,在主脉中的焦沥青呈断续薄膜状粘附在脉壁上,而脉体中间部位没有,焦沥青与石英脉的面积比小于1/100,而且这些焦沥青表面粗糙,经受过强烈的热液蚀变. 在次一级的石英脉中,焦沥青呈较厚的连续薄膜粘附在壁上,焦沥青与石英脉面积比约1/20. 在更次一级的石英细脉中几乎均由焦沥青所充填,焦沥青呈带状或脉状沿细脉充填,焦沥青与石英脉面积比接近于1,这些焦沥青一般比较均匀,反射率偏低,经受的热液蚀变相对较弱. 在一些细脉中焦沥青成透镜状,显示出塑性流动特征.

不同成因的有机质与含金矿物(毒砂和热液黄铁矿)的空间关系有一定差别. 沉积成岩成因的煤屑物质通常离热液石英脉和含金矿物较远(图1中基质镜质体Vi和丝质体Fu),而焦沥青脉通常与含金矿物密切伴生(图1中焦沥青Bi与毒砂Ar同在一石英细脉中),关系十分密切.

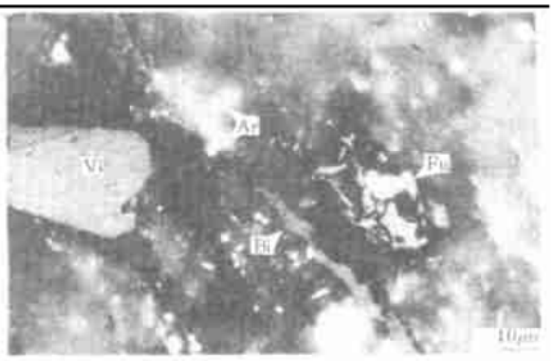


图1 烂泥沟金矿床中不同期次有机质与毒砂的关系

基质镜质体(Vi)与丝质体(Fu)分散在造岩矿物中,毒砂(Ar)主要与沿细脉分布的焦沥青(Bi)有关. 油浸反射

质子探针分析表明,石英脉壁部的焦沥青金含量高于围岩和脉石矿物,也高于煤屑物质和沉积黄铁矿,表明焦沥青在蚀变前富含金. 这些特征表明原油可能曾作为金的运移载体参与了烂泥沟金矿床的成矿作用.

戈塘金矿床矿体围岩和顶板为含煤岩系,含丰富的煤系有机质,但矿石中有机质含量并不高(Corg=0.05%～4.55%),而且分布很不均匀. 矿石中的固体有机质主要由碎屑状惰性组分组成. 在硅化角砾矿石中,有机质数量少,主要是经受强烈蚀变的有机质碎屑. 在细碎屑岩中有机质可以较为富集,呈浸染状分布于岩屑中(图2(a)). 在粗碎屑岩中有机质碎屑充填在硅质胶结物中(图2(b)),表明有机质碎屑是在硅化过程中搬运而来. 从形态上看有机质碎屑多为不规则状、角砾状,部分保留了十字网格形(图2(c)),这种形状与上覆碳质泥岩中的破碎状惰性组分十分相似,表明这些有机质碎屑可能是在热液过程中从附近煤系中通过构造挤压和流体运移搬运而来. 这些有机质都遭受过强烈的热液蚀变,表面粗糙. 此外,在硅质角砾岩的石英脉壁部也有类似于烂泥沟主期石英脉壁上粘附的有机质(图2(d)),所不同的是这里的有机质数量少,而且是惰性组分碎屑,而没有焦沥青.

据庄汉平等最近报道[6],烂泥沟金矿床晚期矿化石英脉和大厂锑矿萤石中流体包裹体中的轻烃物质组成和特征参数完全不同,烂泥沟金矿床中石英包裹烃可能来源于原油,具有较高的成熟度. 大厂锑矿萤石包裹烃可能来源于煤系有机质,具有相对较低的成熟度.

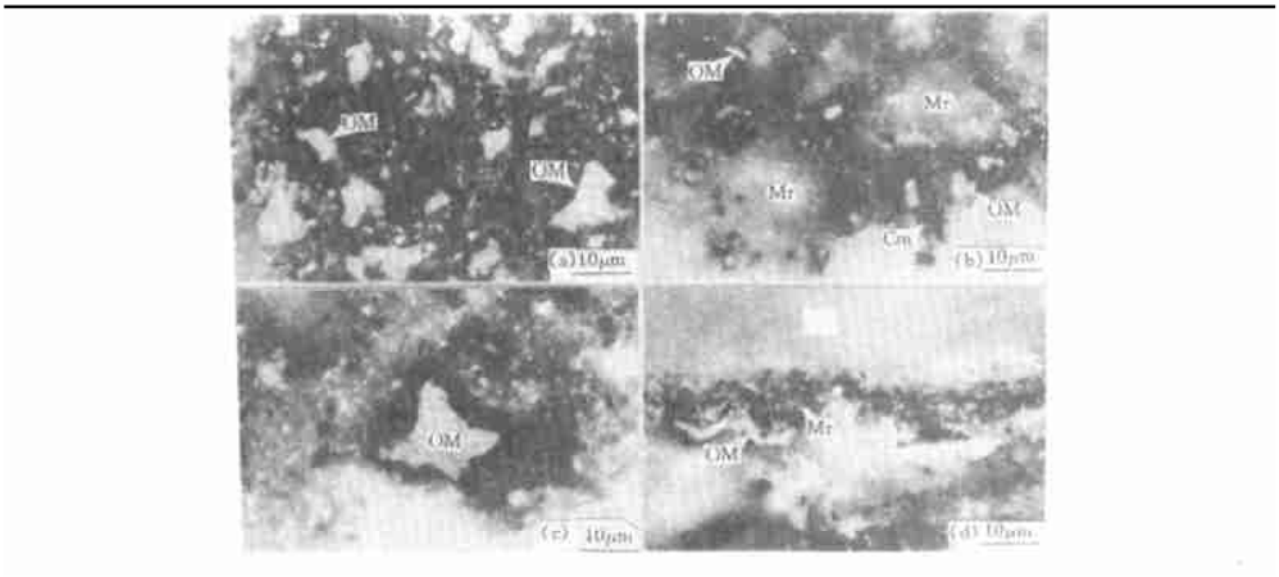


图 2 戈塘金矿床中的固体有机物质

(a) 硅质角砾矿石中有机碎屑(OM) 局部富集, 油浸反射; (b) 硅化角砾矿石中有机碎屑(OM) 和胶结物(Cm) 充填在岩屑(Mr) 之间, 显示出后期加入特征, 油浸反射; (c) 硅化角砾矿石中有机碎屑(OM) 呈破碎的十字状, 与碳质泥岩顶板的破碎状惰性组分相似, 暗示它们可能有成因联系, 油浸反射; (d) 角砾矿石中的石英脉(QV) 壁部富集有有机碎屑(OM) 和岩屑(Mr), 油浸反射

## 2 地质背景与矿床地质特征对比

### 2.1 地质背景与含矿建造

从大地构造位置看, 戈塘型金矿床位于右江盆地西北部的台地相区, 含矿层位主要是上二叠统($P_2$) 的细碎屑岩; 而烂泥沟型金矿床位于右江盆地西北缘的盆地边缘, 含矿层位主要是下三叠统($T_1$)-中三叠统($T_2$) 的细碎屑岩.

两种类型的金矿床都与碳质建造有关, 戈塘型金矿床产于海陆交互相的含煤建造中, 在该建造内产有多层煤层. 烂泥沟型金矿床产于深水浊积岩建造中, 浊积岩中本身就含有丰富的有机物质, 在含矿层之下还有上古生界生油层.

### 2.2 火成岩与古油藏

烂泥沟型金矿区主要是海相火山岩, 这一地区晚古生代就有基性火山岩发育, 如桂西隆林地区的以海相熔岩为主的海相玄武岩(图 3). 在桂西田阳、百色等地也有上百米厚的枕状玄武岩, 并形成了硅质岩-凝灰岩-玄武岩组合[10]. 燕山期该地区有酸性-基性侵入活动. 戈塘型金矿区则与陆相玄武岩有关, 在早二叠世至晚二叠世早期, 在兴仁-安顺-织金以西发生大面积的峨嵋山玄武岩喷发, 在滨浅海相则形成大厂层[9, 11]. 戈塘型金矿床就分布在陆相玄武岩区域. 这种火成岩的分布格局为两类矿床成矿物质来源的差异奠定了基础.

在贵州西部古生界地层中发育了许多古油藏, 烂泥沟型金矿床位于古油藏分布区, 如癞子山古油藏离烂泥沟金矿床仅 700 m 之遥[7]. 与戈塘型金矿床有关的是海陆交互相的含煤建造. 这种沉积有机碳的区域背景决定了它们在成矿过程中的有机质来源、类型和作用的不同.

### 2.3 岩相古地理

右江盆地二叠纪(P)-三叠纪(T) 曾发生广泛的浊流沉积. 在早二叠世至早三叠世, 来自断陷盆地两侧沿断裂带海底火山喷发的凝灰物质和伸长海槽边缘的钙屑重力流物质混入到碎

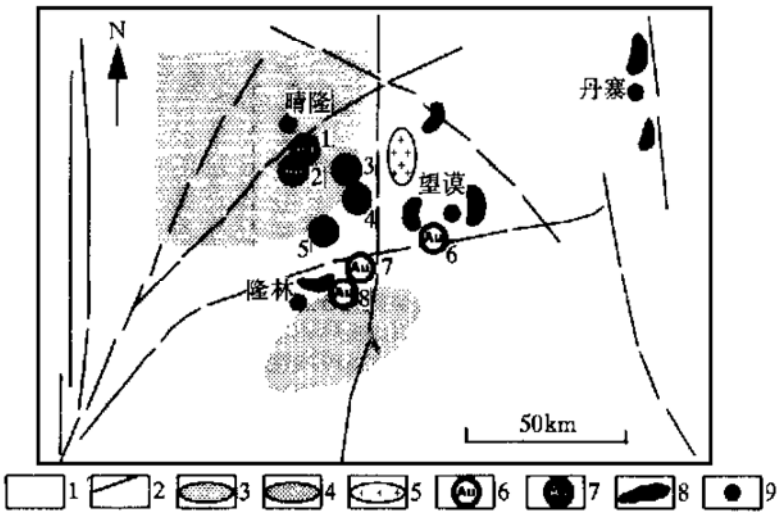


图3 黔西南地区构造、火成岩、古油藏与金(汞锑)矿床(据施继锡[7]、李朝阳[8]、李文亢[9]综合编绘)
1——研究区域, 2——区域性大断裂, 3——峨嵋山玄武岩分布区, 4——海相玄武岩分布区, 5——燕山期侵入岩, 6——烂泥沟型金矿床, 7——戈塘型金(汞铊)矿床, 8——古油藏, 9——城市. 图中矿床分别为: 1. 大厂金矿点, 2. 大厂锑矿床, 3. 紫木凼金矿床, 4. 栏木厂汞铊矿床, 5. 戈塘金矿床, 6. 烂泥沟金矿床, 7. 丫他金矿床, 8. 板其金矿床

屑流中, 形成了早二叠世($P_1$)-早三叠世($T_1$)的火山碎屑浊流沉积, 这种浊流沉积构成了右江断陷区的沉积主体[12]. 这一时期, 黔西南金矿区正好处于浊积岩外围的碳酸盐台地边缘, 戈塘型金矿区沉积了海陆交互相的砾岩、细碎屑岩和煤层, 烂泥沟金矿区则以浅海碳酸盐沉积为主. 中三叠世早期, 右江盆地东南面的云开火山弧随强烈的火山喷发和岩浆侵入迅速崛起, 并向北延伸与江南古陆连为一体, 形成新生的湘桂粤构造山系, 该构造山系为这一时期的浊流沉积提供了丰富的物质来源[13]. 这一时期黔西南金矿区正好处于浊流沉积和碳酸盐台地的交接部位, 安龙等地处于碳酸盐台地, 而贞丰等地则处于浊流沉积区[14]. 上述两个时期的古地理格局奠定了这两个地区金矿床的含矿层位的基础.

### 2.4 矿床特征

烂泥沟型金矿床多与断裂构造有关, 矿体形状受断裂控制. 常见的矿物组合为黄铁矿+毒砂+石英(+雄黄+辰砂)[15], 特征矿物是自然砷, 元素组合为Au-As-Sb-Hg. 戈塘型金矿床一般呈层状、似层状, 或与不整合面一致; 与断裂关系不是很明显, 有时受断裂控制[16]; 矿物组合为黄铁矿+毒砂+辉锑矿+萤石[17], 特征矿物是白铁矿和萤石; 元素组合为Au-Hg-As-Sb, 还常有分散元素伴生甚至矿化, 如栏木厂汞铊矿床. 这些特征表明烂泥沟型金矿床与沿断裂运移的热液有关, 戈塘型金矿床可能与顺层运移的热液有关.

## 3 有机质参与下的成矿作用

烂泥沟金矿床在主矿化期, 来自下伏上古生界生油层的原油携带Au沿软弱带向上运移, 进入到富含活性铁和碳酸盐的浊积岩中, 与下渗的富$SO_4^{2-}$的天水相遇(图4). 这一阶段以黄铁矿-毒砂-自然砷沉淀和原油蚀变成焦沥青为特征. 原油蚀变成焦沥青的过程中参与了硫酸盐的热化学还原, 生成$H_2S$, 沉淀金属硫化物, 同时溶蚀围岩碳酸盐矿物. 从原油中释放出的金在黄铁矿和毒砂表面被还原成自然金并发生沉淀.

戈塘型金矿床矿化过程相对简单一些. 天水淋滤富含金属元素的峨嵋山玄武岩或大厂

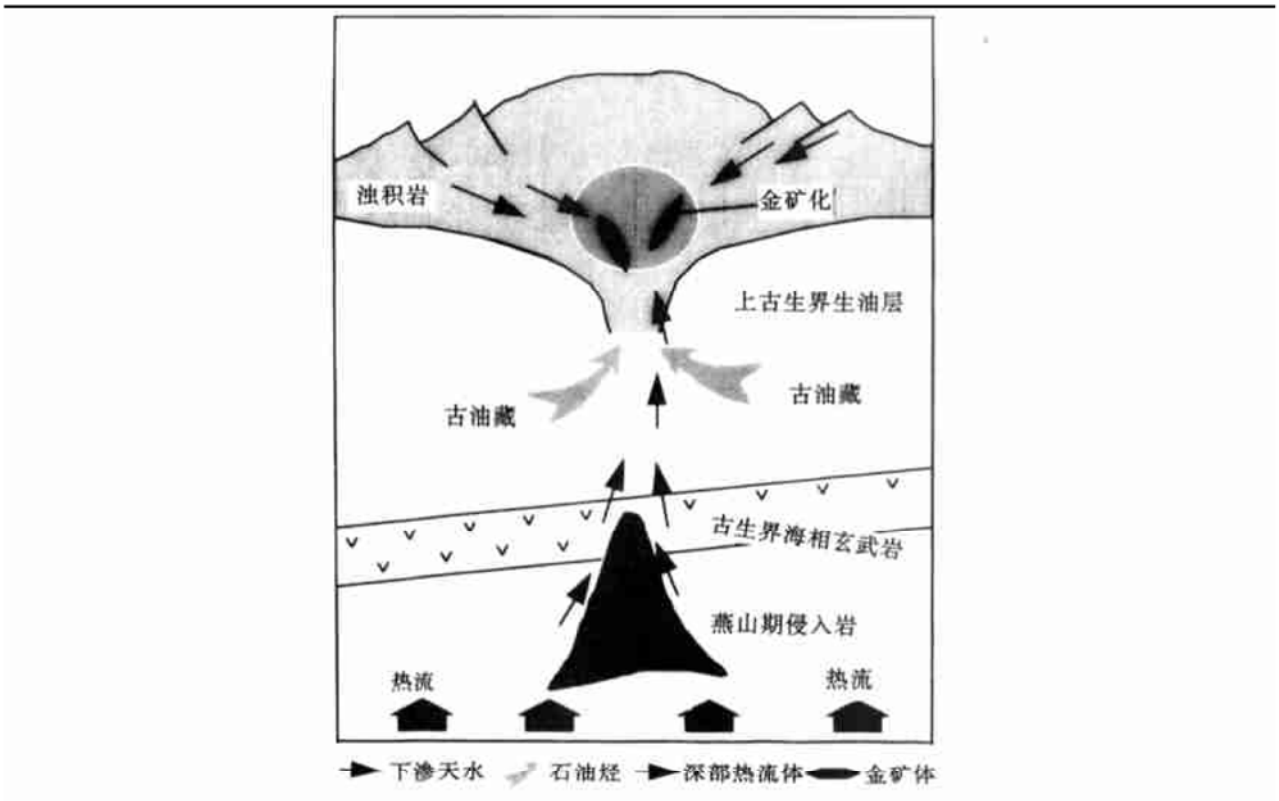


图 4 烂泥沟型金矿床成矿作用示意图

层,形成富矿质的流体, 沿古剥蚀面或岩性界面运移, 局部在异常地热下加温, 当含矿流体运移到含煤地层是发生还原作用, 导致金的沉淀.

**致谢** 本工作为国家"攀登"计划(PA30)和国家自然科学基金(批准号:49673190)资助项目.

## 参 考 文 献

1 Radtke A S, Rye R O, Dickson F W. Geology stable isotope studies of Carlin gold deposit, Nevada Econ Geol, 1980, 75: 641~ 672
2 Radtke A S. Geology of the Carlin Gold deposit. Nevada: U S Geologgical Survey Professional Paper 1267, 1985. 147
3 Kuehn C A, Rose A W. Carlin gold deposits, Nevada: Origin in a deep zone of mixing between normally pressured and over-pressured fluids. Econ Geol, 1995, 90: 17~ 36
4 Singer D A. World class base and precious metal deposits——a quantitative analysis. Econ Geol, 1995, 90: 88~ 104
5 Boyle R W. Gold deposits in turbidite sequences: their geology, geochemistry and history of the theories of their origin. In: Keppie J D, et al, eds. Turbidite-Hosted Gold Deposits. GAS Special Paper 32, 1986. 1~ 14
6 庄汉平, 卢家烂, 傅家谟, 等. 黔西南金锑矿床成矿流体中轻烃物质的实验研究. 科学通报, 1997, 42(16): 1 752~ 1 754
7 施继锡, 余孝颖, 王华云. 古油藏、沥青包裹体在金属成矿研究中的应用. 矿物学报, 1995, 15(2): 117~ 122
8 李朝阳. 有关卡林型金矿床的几点认识. 矿物学报, 1995, 15(2): 132~ 137
9 李文亢. 黔西南区微细浸染型金矿床. 见: 秦馫等编. 中国金矿主要类型区域成矿条件. 北京: 地质出版社, 1988. 57~ 77
10 吴浩若, 邝国敦, 王忠诚. 桂西晚古生代基性岩的再认识及其大地构造意义. 地质科学, 1993, 28(3): 288~ 289
11 彭扬奇. 黔西南区微细浸染金矿的成矿条件及成因探讨. 见: 刘东升主编. 中国卡林型(微细浸染型)金矿. 南京: 南京大学出版社, 1994. 133~ 141

12 侯方浩, 黄继祥. 南盘江断陷区二、三叠系的火山碎屑浊积岩——一种独特的无海底扇浊流沉积模式. 沉积学报, 1984, 2(4): 19~ 32
13 苟汉成. 滇黔桂地区中、上三叠统浊积岩形成的构造背景及物源区的初步探讨. 沉积学报, 1985, 3(4): 95~ 106
14 Cunningham C G, Ashiey R P, Huang Zushu, et al. Newly discovered sedimentary rock_hosted gold deposits in the People's Republic of China. Econ Geol, 1988, 83: 1 462~ 1 467
15 罗孝恒. 贵州贞丰烂泥沟金矿床地质特征、成矿机理及找矿. 见: 刘东升主编. 中国卡林型(微细浸染型)金矿. 南京: 南京大学出版社, 1994. 100~ 115
16 谭运金. 滇黔贵接区的卡林金矿床地质. 见: 刘东升主编. 中国卡林型(微细浸染型)金矿. 南京: 南京大学出版社, 1994. 142~ 159
17 郭振春. 贵州紫木凼金床地质特征及勘查实践. 见: 刘东升主编. 中国卡林型(微细浸染型)金矿. 南京: 南京大学出版社, 1994. 79~ 99

(1997-06-14 收稿, 1997-11-03 收修改稿)

# 南秦岭佛坪地区麻粒岩的发现及其地质意义

魏春景　杨崇辉④　张寿广④　李荣社㈣
(北京大学地质学系, 北京 100871; ④中国地质科学院地质研究所, 北京 100037;
㈣陕西省地勘局区域地质研究院, 咸阳 712000)

摘要　在南秦岭海西-印支期变质带中首次发现含有二辉石的麻粒岩. 这些麻粒岩产于佛平杂岩的下部, 以中酸性麻粒岩为主, 其中夹有少量的基性麻粒岩的条带和透镜体, 主要变质矿物为斜方辉石、单斜辉石、黑云母、斜长石及石英等, 斜方辉石常退变为角闪石, 其变质条件为 $T$= 720~ 780 ℃, $P$= 0.6 GPa. 含有麻粒岩的佛平杂岩时代可能为早前寒武纪.

关键词　麻粒岩　佛坪杂岩　秦岭造山带

对分布广泛的南秦岭造山带变质作用的研究历来甚为薄弱. 仅在中国变质地质图[1]及陕西省区域地质志[2]中提出南秦岭东段的变质作用以佛坪地区为中心, 发育递增变质带, 最高达到十字石-蓝晶石带, 主变质时期为海西期. 笔者在南秦岭造山带变质作用的研究中, 于佛坪地区发现了含有二辉石的麻粒岩, 这在南阳盆地以西的秦岭造山带中尚属首次. 本文简要讨论这些麻粒岩的主要特征及其地质意义.

## 1　区域地质概况

很多地质学家以商丹断裂为界把秦岭造山带划分为南、北两部分, 北秦岭属于华北板块, 南秦岭属于扬子板块[3, 4](图 1).

含有麻粒岩的佛坪变质杂岩(下称佛坪杂岩)恰好位于秦岭造山带现今展布南、北最狭窄部位和东西差别最明显的分界线——东经 108°线附近, 出露面积约 500 $km^2$, 整体上表现为穹窿构造. 陕西省区域地质研究院[2]认为构成穹隆构造的变质岩系主要为下古生界. 张国伟等人[5]认为它是一个以早元古代结晶基底变质杂岩为核心, 由震旦纪-早古生代盖层环绕和花岗岩多期侵入的穹隆构造. 在岩石组合上, 佛坪杂岩包括两部分: 下部为片麻岩系, 主要由条带状英云闪长质片麻岩, 及少量的斜长角闪岩、角闪变粒岩和麻粒岩等组成, 其中发育大量的