南秦岭关家沟组砾岩的时代、成因环境及其构造意义

闫全人① A. D. Hanson② 王宗起① P. A. Druschke② 闫 臻③ 王 涛① 卢海峰①

(①中国地质科学院地质研究所，北京 100037；② Department of Geoscience, University of Nevada Las Vegas, Las Vegas, NV 89154, USA；③中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029. E-mail: qryan@cags.net.cn)

摘要 关家沟组地层位于南秦岭造山带，因缺乏化石证据，其地层时代长期悬而未决，该套地层在南秦岭地区地质演化过程中构造含义始终模糊不清. 关家沟组砾岩厚度约为 2050 m，为一套向上变粗、变浅的进积层序，结构和物质组成上表现为不成熟海相浊积砂岩和砾岩. 虽然南北两侧为断层所限，但关家沟组变质变形很弱. 北侧为泥盆系三河群，南侧为新元古界横丹群，关家沟组中含有大量花岗岩和火山岩碎屑. 对采自其中的花岗岩和火山岩砾石进行了单矿物(斜长石和钾长石)$^{40}Ar/^{39}Ar$ 热年代学研究. 两个测年结果分别给出了花岗岩和火山岩砾石的冷却年龄为 219.69±0.49 和 216.46±0.59 Ma，与早中生代秦岭全面碰撞作用时期(240~220 Ma)的构造岩浆活动的时代大体一致，暗示关家沟组可能沉积于晚三叠世 Norian 期，约 220 Ma. 沉积学分析和热年代学研究表明：关家沟组可能是残余洋盆的沉积充填物. 区域上，该残余洋盆为晚古生代-早中生代阿尼玛卿洋与勉略洋或中央造山带南侧特提斯洋的一部分.

关键词 南秦岭 关家沟组 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 定年 残余洋盆

关家沟组位于南秦岭地区，为一断层围限的沉积地体. 自 20 世纪 40 年代，关家沟组砾岩的时代和成因一直为国内地质界所关注. 叶连俊等人[1]将关家沟组定为一套震旦纪冰碛砾岩，而黄振辉 1)将关家沟组与碧口系等一并定为寒武系-志留系. 20 世纪六七十年代的区域地质勘查工作则主要依据区域地层对比来确定关家沟组砾岩的时代，但所厘定的时代从元古界至中泥盆统等不一而同. 由于缺乏确凿化石证据和准确的同位素年代数据，关家沟组砾岩的时代至今仍悬而未决，这也制约了我们对该地区构造格局和地质过程的认识.

李春昱等人[2,3]提出沿东昆仑布尔汗布达山南麓、花石峡、玛沁、阿尼玛卿山至南秦岭勉县和略阳一线分布的含超基性基性岩块的混杂堆积带是一条于晚古生代形成的俯冲带，为塔里木-中朝板块与华南-东南亚板块之间的缝合线. 张国伟等人[4~6]及 Meng 等人[7,8]进一步将勉略带确定为秦岭印支期(240~220 Ma)板块缝合带，并提出了秦岭“三块夹两缝”的构造格局，即华北板块、秦岭微板块与扬子板块之间分别夹着加里东期的商丹带和印支期的勉略带. 但是，从勉略带西端的康县至阿尼玛卿带东端的塔藏一段，由于缺乏诸如蛇绿岩残片等明确的地质证据，勉略带向西如何延伸并与阿尼玛卿带相连一直是近年来甚为关注的地质问题. 最近研究表明，康县南琵琶寺基性火山岩为MORB，与勉略带的庄科洋壳蛇绿岩片、阿尼玛卿带的德尔尼洋壳蛇绿岩片具完全相同的地球化学特征，是典型的洋壳蛇绿岩组成部分，可能为勉略洋的西延部分[9,10]. 但勉略洋从琵琶寺向西如何延伸仍不明确. 本文在详细野外调查的基础上，通过对关家沟组下部砾岩层序中的花岗岩质和火山岩质砾石进行单矿物 $^{40}Ar/^{39}Ar$热年代学研究，研究了关家沟组砾岩的时代和盆地构造属性. $^{40}Ar/^{39}Ar$测年结果表明，关家沟组砾岩的沉积时代为晚三叠世(220 Ma左右)或更早(因为现存关家沟组未见底). 时代上，比“秦岭全面碰撞造山作用”的时代(240~220 Ma)[5]略晚.

沉积组构方面，海相沉积的关家沟组砾岩[11~14]表现了类似磨拉石盆地的沉积特点，即以砾质粗碎屑为主的快速沉积充填. 初步分析，关家沟组砾岩代表的是一个与秦岭全面碰撞造山作用同期发育的残余洋盆. 对关家沟组砾岩地层时代和盆地属性的确定具有重要意义，它为勉略洋经文县向西弧形延伸并与东昆仑阿尼玛卿带相接提供了关键证据，也为完整的“中央造山带南侧的特提斯洋”[15,16]于印支期的闭合、造山提供了重要事实依据.

1) 黄振辉. 秦岭西段古生代地层(未刊资料). 1959

1　地质背景

关家沟组建组的典型剖面位于甘肃省文县关家沟(图 1). 野外地质调查表明, 关家沟组砾岩南北两侧以两条断层与其他地层系统为界. 北侧为泥盆系三河口群, 南侧与中上元古界横丹群和泥盆系相接触.

北边界断层为一条规模较大的区域性断裂, 倾向北或北北东, 倾角 53°左右. 宏观上, 该断裂带呈现为一条强劈理化带, 宽约 90 余米. 受断层作用, 断层上盘泥盆系三河口群的灰黑色灰岩发生倒转, 形成一个倒转的牵引褶皱, 并推覆到下盘关家沟砾岩之上, 显示了强烈的逆冲推覆作用. 断裂带内, 发育大量小型揉皱和 S 形劈理, 前者轴面北向倾斜, 倾角为 57°~73°. 二者与主断面的几何关系指示了断层为向南的逆冲作用. 实测还表明, 该断层有过后期构造活动[17], 后期变形劈理或充填于其中的石英脉穿切早期的劈理和揉皱.

南边界断层倾向南西, 倾角较陡, 约 60°左右, 宽度 40 m 左右. 劈理化的断裂带在地貌上表现为负地形(图 2). 断层上盘为泥盆系三河口群灰黑色中厚层灰岩, 发育一系列轴面南倾的褶皱(见图 2), 反映了强烈的南北向逆冲压性作用. 根据断面上擦痕特征判断, 该断层呈现斜向逆冲活动, 即兼具有左行走滑性质. 受断层逆冲作用, 下盘关家沟组砾岩在近断层处的产状由南倾变形为向北缓倾, 形成一个宽缓的牵引向斜. 与北边界断层一样, 该断层也存在后期活动.

泥盆系三河口群是一套以砂板岩、中厚层灰岩为主的沉积岩, 含条带状磁铁石英岩, 见小型中生代花岗岩侵入体, 如关家沟以西石坊附近发育一小型花岗岩体. 中上元古界横丹群碎屑岩系是一套以浊流沉积为主的弧前盆地充填物[18~20].

2　关家沟组沉积学分析

海相沉积的关家沟组是一套层序正常、变形变质作用很弱的砾岩和杂砂岩系[11~14]. 详细测量表明, 关家沟组由浊流沉积的砾岩和杂砂岩构成, 为一套向上变粗变浅的进积层序, 由于后期断层作用而造成顶底缺失, 厚度 2050 m左右(图 3).

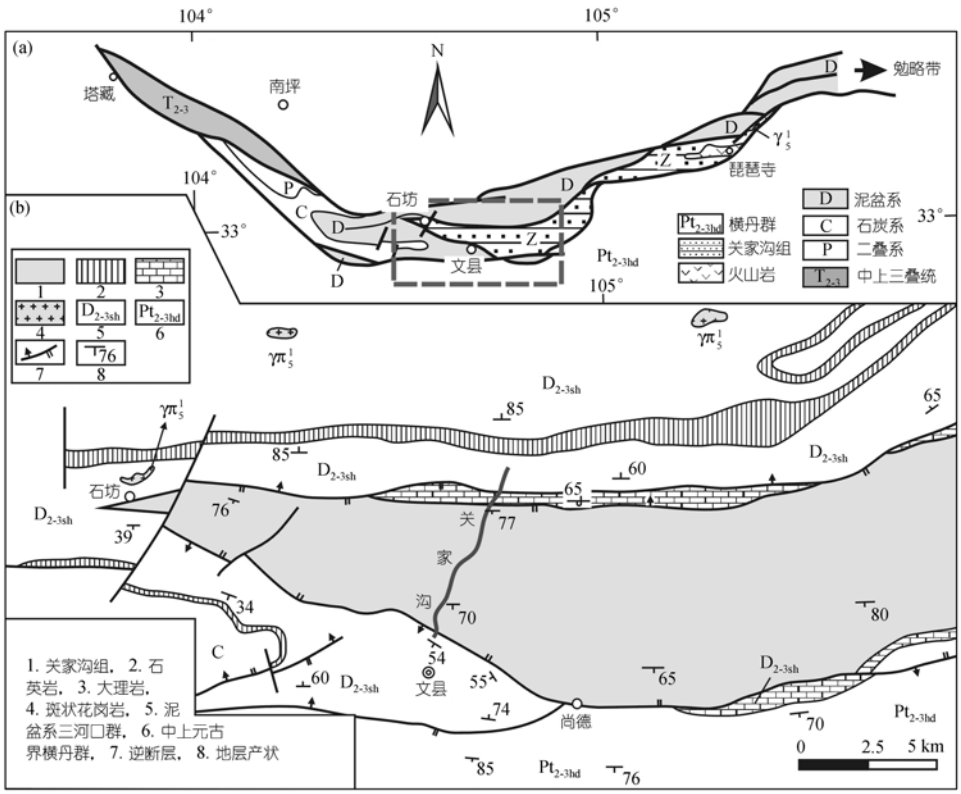

图 1　区域构造位置(a)及文县地区地质构造简图(b)

据 1/20 万区域地质图 1)修测

1) 陕西省区域地质调查队. 1/20 万文县幅地质图及说明书. 1970

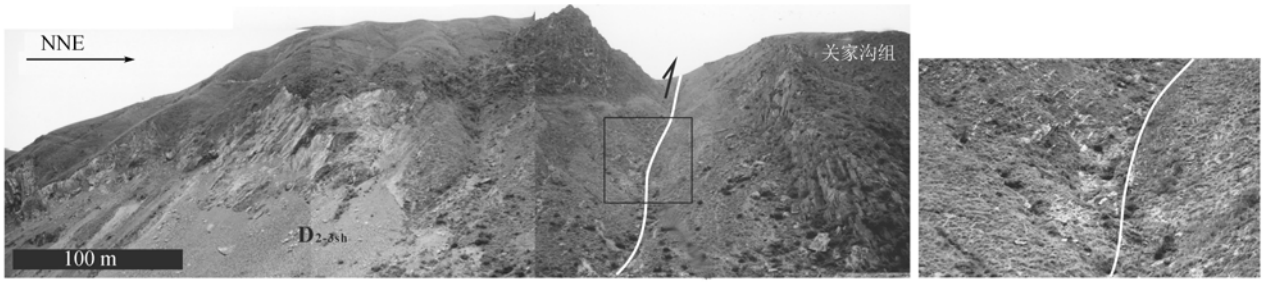

图 2 关家沟组砾岩南界断层露头特征
方框为右图位置，右图示近断层处的褶皱，其轴面南倾

层序下段厚约 100 m，由向上变细的递变砂岩层序组成，岩石类型主要是灰绿色中-粗砂岩，砂岩层底部见侵蚀构造迹象，透镜状砂岩中发育的斜层理指示北向古水流．沉积学特征表明其为中扇相水道与道间组合．

层序中下段厚约 1150 m，灰绿色中-粗砂岩、砾岩，底面不规则起伏．具向上变粗或变细的递变粒序结构(图 4(a), (b))，粒序层向上变厚．厚层状砾岩为基质支撑，无递变粒序结构，分选性和磨圆度差，底面发育火焰构造．砾石成分复杂，有花岗岩(图 4(a), (c))、火山岩、硅质岩和大理岩以及石英岩．砾石分选性差，呈棱角状、次棱角状(图 4(c))．最大砾径约 24 cm，多为 3~5 cm．砂岩中发育斜层理，示古水流方向为北北西向．该段为上扇相堤成水道碎屑流与道间组合．

层序中段由堆迭的、向上变细的粒级递变砂岩构成，厚度约 50 m．粗砂岩单元的冲蚀底之上分布有泥质冲蚀砾(rip-ups)，细砂岩内的波纹状斜层理指示古水流方向为北北西向．该段沉积物为远源和非水道化浊积扇沉积．

层序中上段为绿或灰绿色砾岩和粗砂岩，厚度约 350 m．厚层状砾岩为基质支撑，发育反向或正向粒序结构，粒序层厚 1~3 m．砾石的分选性和磨圆度均较差，成分复杂，以再沉积砾石为主，即砾石原岩为砾岩(图 4(d))．另见大量火山岩、花岗岩、大理岩及及硅质岩和石英岩砾石，最大砾径 25 cm 左右．这段沉积物为上扇相堤成水道碎屑流与道间组合．

层序顶部为厚层砾岩，碎屑支撑，厚约 400 m．砾石以再沉积砾石、火山岩质砾石和大理岩质砾石为主，见少量花岗岩质砾石．砾石分选性差，棱角状或次棱角状，最大砾径 20 cm．发育向上变细的递变粒序结构，单个递变层厚度 1.2~5.4 m．属斜坡相块体流沉积．

沉积学分析表明，总体上关家沟组为一套由深海浊积相和斜坡相构成的向上变粗变浅的进积层序，而非前人所定的冰碛砾岩．

3 关家沟组砾岩时代的 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 热年代学研究

3.1 样品与方法

基于关家沟组砾岩变形变质作用较弱的特点，本文选取其中的火成岩质砾岩进行单矿物 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 测年．样品采自关家沟组中下部砾岩层序．其中，样品 2000266 为花岗岩砾石，样品 2000262 为火山岩砾石．花岗岩砾石(2000266)呈浅肉红色，具油脂光泽．由等粒状的石英、钾长石及少量黑云母组成．显微镜下，该花岗岩砾具似斑状结构，斑晶主要由粗大的长石和石英组成，其中长石斑晶主要是钾长石(Or)卡氏双晶(图 5(a), (b))，最大约 2 mm×1.5 mm．基质由全晶质的中-粗粒钾长石、石英及少量黑云母等组成，云母颗粒较小．另外，钾长石斑晶的蚀变极弱，反映出除机械搬运和沉积外，原岩并未遭受较强的变形变质作用．

大量棱角状的火山岩砾石同样见于关家沟组中下部砾岩层序中，最大砾径约 22 cm，呈墨绿色(参见图 4)．样品 2000262 显微镜下鉴定为紫苏玄武岩，具斑状结构，斑晶为斜长石和辉石(图 5(c), (d))，其中，斜长石斑晶的含量较少，约 5%左右，为自形的聚片双晶，边部具麻点状结构．辉石含量较少，粒度较小，为自形晶的紫苏辉石(图 5(d))．基质具间隐结构，主要由斜长石和石英微晶及少量磁铁矿组成(图 5(c), (d))．斜长石和辉石的蚀变很弱，反映了原岩并未经受较强的变形变质作用．

现场采样时，先将原岩破碎，挑选花岗岩质和火山岩质砾石，剔掉包裹砾石的基质．室内先将砾石表面的基质剔除干净，然后将剔选好的砾石破碎，用电

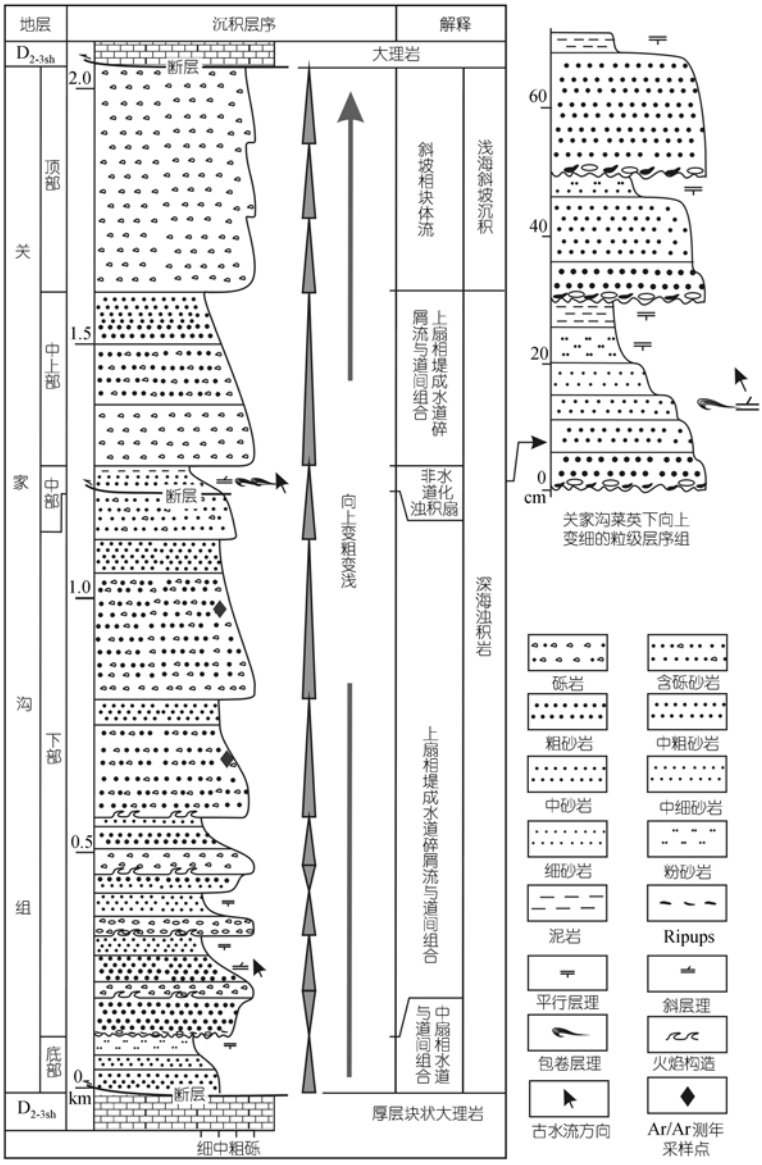

图 3　关家沟组砾岩地层层序及沉积相

磁法初选长石. 但因弱磁性, 电磁法分离的长石纯度最高只能达到 95%. 因此, 用浓度为 10%的醋酸清洗磁法初选的长石, 去除其中的方解石. 然后在双目显微镜下人工精选, 剔除石英等杂质. 样品分离完后进行称重, 并将样品与用于 K, Ca, Cl 诱发同位素校正的 K_2SO_4, CaF_2, KCl 和标样包装好, 封入特制的反应罐中, 置于中国科学院原子能研究所 49-2 反应堆中快中子照射 59 小时 20 分钟, 积分中子通量为 1.42×10^{18} cm^{-2}. 用于中子通量监测的标准样品为法国 B600 黑云母和中国 ZBH-25 黑云母, 其参考年龄值分别为 322 和 132.7 Ma.

照射过的样品置于 RGA-10 质谱仪与析 Ar 仪联合系统中进行 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 阶段加热实验. 在 6.67×10^{-5} Pa 静态真空中, 用高频感应加热熔样, 熔样温度从 400℃开始至 1450℃. 因为须对 Ar 同位素做封闭温度的计算, 熔样温度比常规分析有所加密, 每个加热点保持 20 分钟. 释出气体经氧化铜、5×10^{-10} m 分子筛和海绵钛纯化掉活性气体, 最后将惰性气体 Ar 直接进入 RGA-10 质谱计进行静态 Ar 同位质谱计分析. RGA-10 质谱计的灵敏度为 3.2×10^{-6} A/Pa(相当于 7.10×10^{-15} mol/mV), 质谱分析室静态真空为 7×10^{-7} Pa. 一般测量 6 组 Ar 同位素质谱峰, 除测量 ^{36}Ar, ^{37}Ar,

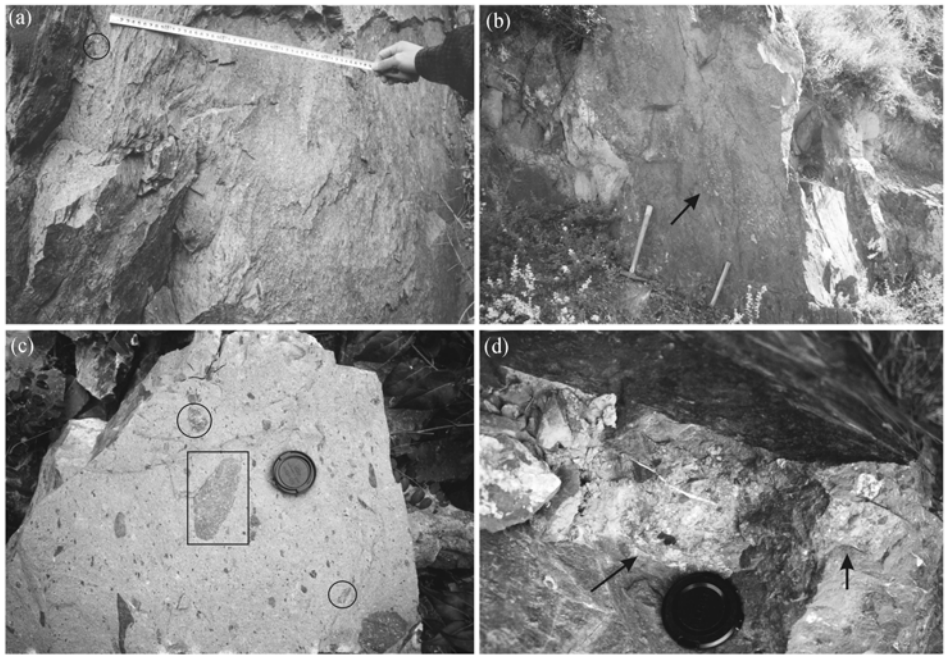

图 4 关家沟组砾岩的组构特征

(a) 逆粒序结构; (b) 冲刷面及正粒序结构; (c) 砾石大小、成分和形状(圆圈中为花岗岩质砾石，方框中为火山岩质砾石); (d) 复成分砾石，棱角状. 镜头盖直径 = 75 mm，地质锤长度 = 40 cm

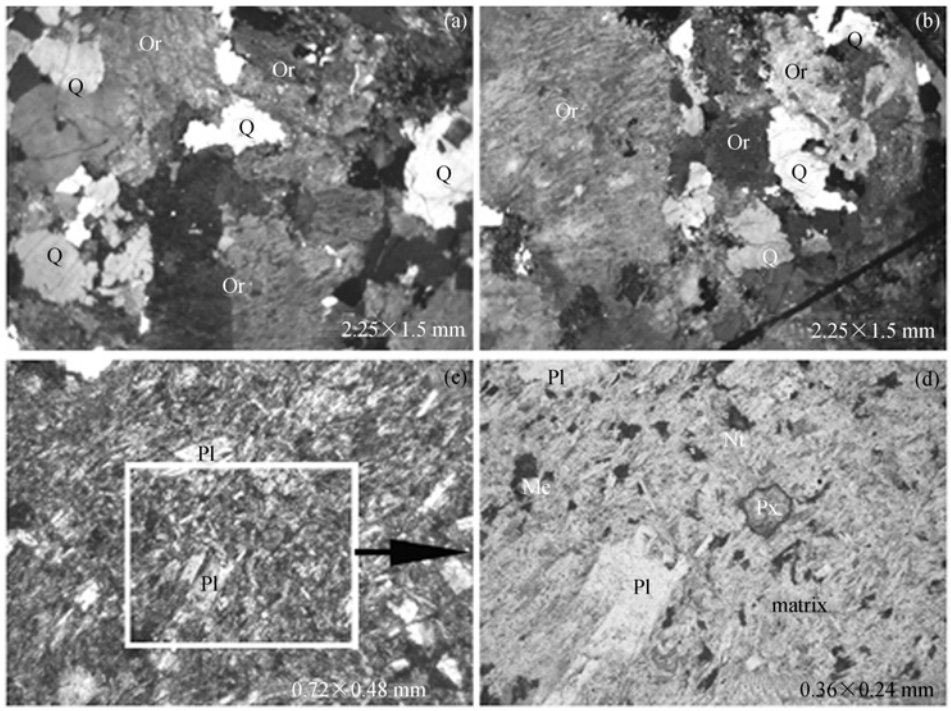

图 5 花岗岩砾石((a), (b))和火山岩砾石((c), (d))显微组构特征

Or: 钾长石, Q: 石英, Pl: 斜长石, Pr: 辉石, Mt: 磁铁矿. (a)~(c)正交偏光, (d)单偏光

^{38}Ar, ^{39}Ar 和 ^{40}Ar 外，还对 m/e = 35 和 m/e = 41 分别进行监测，前者用于检验气体中是否有 Cl 的干扰，后者用于判断气体中有无残留的碳氢化合物.

用峰顶值减去前后基线的平均值获得Ar同位素峰值数据，然后对峰值数据进行记忆效应、分馏效应、本底和K, Ca, Cl诱发同位素校正以及 ^{37}Ar放射性衰变校正. 实验室测定的校正因子为：$(^{40}Ar/^{36}Ar)_a$ =294.1, $(^{36}Ar/^{37}Ar)_{Ca}=2.64\times10^{-4}$, $(^{40}Ar/^{39}Ar)_K=3.05\times 10^{-2}$, $(^{39}Ar/^{37}Ar)_{Ca}=6.87\times10^{-4}$, $(^{38}Ar/^{39}Ar)_K=0.01$, $(^{37}Ar/^{38}Ar)_{Ca}=3.81\times10^{-5}$, $(^{38}Ar/^{36}Ar)_a=0.1869$, $(^{36}Ar/^{38}Ar)_{Cl}=4.35\times10^{-4}$ 为时间的函数，^{37}Ar半衰期为 35.1 天. ^{40}K衰变常数为 5.543×10^{-10} a^{-1}. $^{40}Ar^*/^{39}Ar$比值、视年龄、坪年龄和等时线年龄用文献[21,22]发表的公式计算.

3.2　测试结果

样品 2000266 低温熔样阶段(400~700℃)增温步长为 100℃，中高温熔样阶段(700~1340℃)的增温步长为 80℃，高温熔样阶段(1340~1450℃)的增温步长为 110℃，共 13 个熔样阶段. 从 600℃至 1180℃的 8 个加热阶段，$^{40}Ar/^{39}Ar$ 比值非常稳定，年龄谱平坦，^{39}Ar 析出量为 86.9%(总析出量为 99.77%，表 1). 由这 8 个视年龄构成的坪年龄为 219.69±0.49 Ma (图 6(a))，与坪对应的数据给出的等时线年龄为 218.06±1.09 Ma (图 6(b))，二者在误差范围内一致.

样品 2000262 低温熔样阶段(400~800℃)增温步长为 100℃，中温熔样阶段(800~1200℃)增温步长为 80℃，高温熔样阶段(1200~1450℃)的增温步长为 120~130℃，共 12 个熔样阶段. 从 600℃至 1120℃的 7 个加热阶段，$^{40}Ar/^{39}Ar$ 比值很稳定，年龄谱平坦，^{39}Ar 析出量为 88.74%(总析出量为 99.74%，表 1). 由这 7 个视年龄构成的坪年龄为 216.46±0.59 Ma(图 6(c))，与坪对应的数据给出的等时线年龄为 215.63±1.20 Ma(图 6(d))，二者在误差范围内一致.

两个样品的坪年龄在误差范围内与对应的等时线年龄一致，表明样品 2000262 的斜长石坪年龄和样品 2000266 的钾长石坪年龄准确可靠，也说明两个样品既不存在继承性 ^{40}Ar，也无 ^{40}Ar 丢失发生，原岩并未遭受变形变质作用. 结合样品的岩石学特征分析，所获得的 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 坪年龄应是砾石所代表的原岩的冷却年龄.

4　讨论与结论

单矿物 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 测年结果表明，关家沟组下部

表 1　关家沟砾岩 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 测年结果

熔样温度/℃	$(^{40}Ar/^{39}Ar)_m$	$(^{36}Ar/^{39}Ar)_m$	$(^{37}Ar/^{39}Ar)_m$	$(^{38}Ar/^{39}Ar)_m$	^{39}Ar/mol	$(^{40}Ar^*/^{39}Ar_k)$	$\pm2\sigma$	$^{39}Ar_k$/%	视年龄/Ma	$\pm2\sigma$
样品 2000266，钾长石										
400	25.136	0.0342	2.08250	0.21917	3.382×10^{-12}	15.23	0.033	1.35	311.14	10.1
500	18.274	0.0196	2.01780	0.14509	5.907×10^{-12}	12.66	0.019	2.36	262.23	5.55
600	13.583	0.0111	2.14390	0.10833	8.339×10^{-12}	10.47	0.012	3.33	219.57	3.59
700	12.172	0.0061	1.12610	0.04690	18.77×10^{-12}	10.42	0.007	7.51	218.57	2.86
780	11.587	0.0039	0.82602	0.03410	29.21×10^{-12}	10.46	0.005	11.6	219.29	2.76
860	11.445	0.0030	0.73969	0.03250	38.49×10^{-12}	10.59	0.005	15.4	221.90	2.78
940	11.032	0.0023	0.74667	0.03145	49.39×10^{-12}	10.37	0.005	19.7	217.62	2.69
1020	11.351	0.0033	1.16150	0.04256	34.30×10^{-12}	10.42	0.006	13.7	218.64	2.78
1100	11.938	0.0051	1.53930	0.05710	22.71×10^{-12}	10.54	0.007	9.08	220.89	2.94
1180	12.507	0.0070	1.92700	0.06190	16.45×10^{-12}	10.57	0.008	6.58	221.50	3.03
1260	20.207	0.0109	2.97670	0.10649	8.913×10^{-12}	17.24	0.019	3.56	348.42	7.16
1340	22.587	0.0133	2.41360	0.10755	7.967×10^{-12}	18.85	0.022	3.18	377.71	8.77
1450	26.679	0.0183	1.91920	0.11832	6.070×10^{-12}	21.44	0.030	2.42	424.04	12.42
样重: 0.1322 g；照射参数: J = 0.012354										
样品 2000262，斜长石										
400	23.147	0.0310	2.11620	0.24418	2.988×10^{-12}	14.20	0.032	1.61	291.67	9.27
500	16.927	0.017	1.87840	0.14468	5.444×10^{-12}	12.06	0.017	2.94	250.65	5.06
600	13.787	0.0121	1.79530	0.11515	7.646×10^{-12}	10.35	0.013	4.13	217.17	3.66
700	12.910	0.0089	1.18240	0.06960	12.98×10^{-12}	10.35	0.009	7.02	217.27	3.08
800	11.793	0.0054	0.93438	0.04020	21.33×10^{-12}	10.24	0.006	11.5	215.03	2.75
880	11.404	0.0041	0.83525	0.03380	28.05×10^{-12}	10.23	0.005	15.1	214.75	2.69
960	11.265	0.0031	0.75729	0.02970	36.63×10^{-12}	10.37	0.005	19.8	217.49	2.70
1040	11.287	0.0037	1.12640	0.03400	30.60×10^{-12}	10.24	0.005	16.5	214.92	2.69
1120	12.201	0.0062	1.70960	0.04900	18.42×10^{-12}	10.46	0.007	9.97	219.44	2.89
1200	21.608	0.0132	2.43420	0.09540	8.731×10^{-12}	17.91	0.020	4.72	360.68	7.82
1320	23.878	0.0160	1.97330	0.09930	7.228×10^{-12}	19.32	0.024	3.91	386.19	9.52
1450	29.487	0.0295	1.94560	0.13793	4.703×10^{-12}	20.95	0.037	2.54	415.32	14.51
样重: 0.1243 g；照射参数: J = 0.012354										

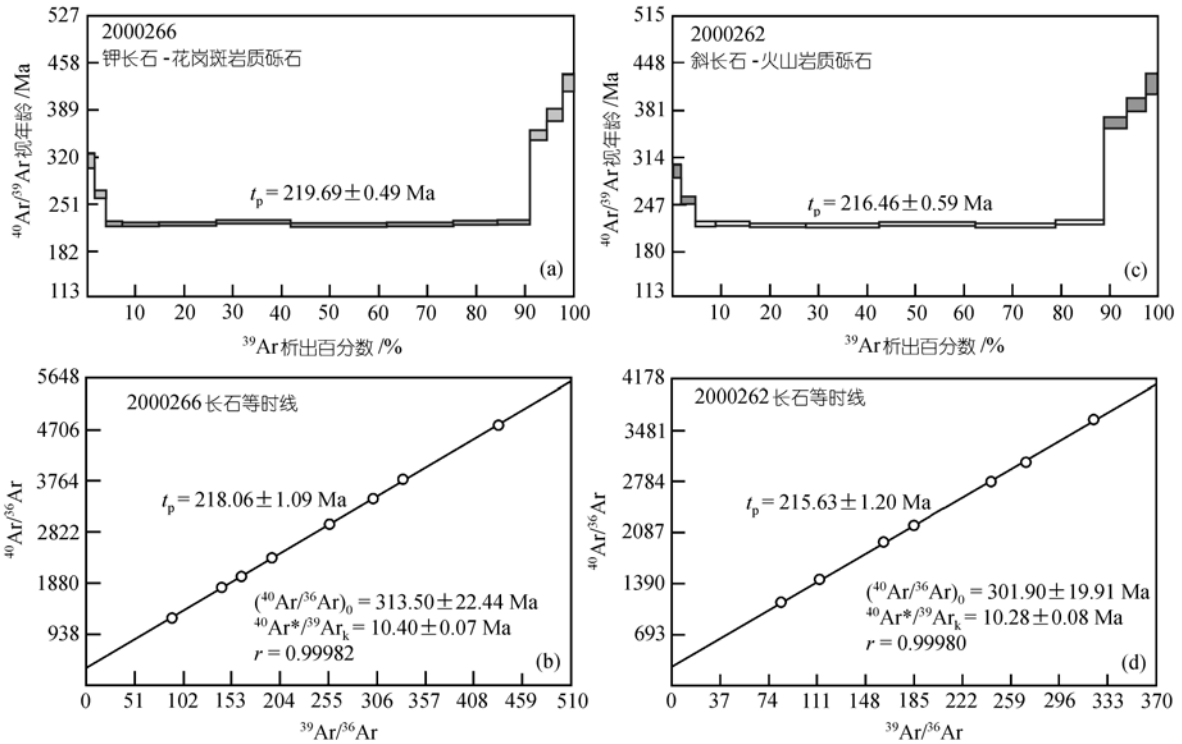

图 6 关家沟组中岩浆岩质砾石单矿物 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 测年结果

砾岩层序中的岩浆岩砾石形成于晚三叠世，约 216~220 Ma，与秦岭全面碰撞作用时期的构造岩浆活动的时代[5,7,8]一致．研究表明[23]，勉略带黑沟峡变火山岩的全岩Sm-Nd等时线年龄为 242±21 Ma，全岩Rb-Sr等时线年龄为 221±13 Ma，两个等时线年龄在误差范围是一致的．李曙光等人[23]认为它们代表的是同碰撞型花岗岩形成、泥盆纪再生洋盆[5,7,8]闭合和陆-陆碰撞的构造热事件．而秦岭广泛发育印支期碰撞型花岗岩(245~211 Ma)则“集中反映了全面碰撞作用[5]”．尤其是沙河湾环斑花岗岩(213~190 Ma, U-Pb, $^{40}Ar/^{39}Ar$)[24]的侵位则是商丹带最后封闭、秦岭进入全面碰撞造山作用的典型标志[5]．另外，孙卫东等人[25]根据锆石U-Pb测年结果提出：勉略带以北的迷坝、光头山和东江口等地的花岗岩岩体形成于晚三叠世(220~206 Ma)，与勉略带洋盆闭合时代基本一致，表明华南和华北板块最终在印支期碰撞．勉略带以南，同样发育大量时代相同的同碰撞花岗岩．秦克令等人[26]测得阳坝黑云二长花岗岩的侵位年龄为194~230 Ma(锆石U-Pb年龄)．平武地区同碰撞重熔花岗岩的就位时代为 232~178.5 Ma[27]．

上述前人测年数据表明：发生于早中生代“秦岭全面碰撞作用”时期的构造岩浆活动在区域上非常普遍，与勉略带洋盆闭合、华南和华北板块碰撞关系密切．这也佐证：本文获得的 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 坪年龄是关家沟组中下部砾岩层序中的岩浆岩质砾石的冷却年龄，确切可靠．而且暗示关家沟组中的岩浆岩质砾石可能源自华北与华南陆块碰撞期间的岩浆作用．同时本文测年结果表明，前人将关家沟组砾岩确定为震旦纪冰碛砾岩可能有误．根据沉积学分析，关家沟组中下段砾岩层序的沉积时代要晚于其中的花岗岩质和火山岩质砾石的时代，推测其可能于三叠世 Norian 期开始沉积．但关家沟组底部缺失的层序表明盆地沉积作用要更早一些．

综上所述，容纳关家沟组砾岩的沉积盆地在时代上与秦岭全面碰撞造山作用同期发育．与碰撞作用同期发育的沉积盆地包括：残余洋盆、与碰撞作用相关的前陆盆地(如周缘前陆盆地、前陆山间盆地等)、背驮盆地以及碰撞作用后期的走滑拉分盆地[28]．沉积相序对比分析表明，关家沟组砾岩具有与残余洋盆[29]相同的沉积特征，即主体沉积以深水相浊积

岩(以具粒序结构的杂砂岩、砾岩为特征)和浅海斜坡相砾岩为主，顶底分别为非海相磨拉石和洋壳蛇绿岩. 但是，关家沟剖面缺失典型残余洋盆底部的洋壳蛇绿岩套和顶部的非海相磨拉石沉积. 赖少聪等人[9]和裴先治等人[10]研究指出：琵琶寺基性火山岩(位于关家沟组东部，见图 1(a))与庄科洋壳蛇绿岩片、德尔尼洋壳蛇绿岩片具完全相同的地球化学特征，是典型MORB的组成部分. 本文推测其为残余洋盆的蛇绿岩残片. 后期构造剥蚀作用可能导致了顶部非海相磨拉石沉积的缺失.

最后，本文研究认为：关家沟组所代表的是一个于晚三叠世仍存在的残余洋盆，该残余洋盆向西与南坪县塔藏-双河北西-南东向展布的中-晚三叠世海相复理石(见图 1)相呼应，二者应为阿尼玛卿洋和勉略洋的弧形衔接段. 它们与阿尼玛卿带和勉略带一起构成了“中央造山南侧的特提斯洋[15,16]”.

致谢 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 测年过程中，得到了桑海清的指导与帮助，姜春发研究员、牛宝贵研究员、任纪舜院士、李锦轶研究员和杨巍然教授与作者进行了大量有益的讨论，在此表示真挚谢意. 也衷心感谢特邀编辑和审稿人对本文的审阅和建设性修改意见. 本工作受国家自然科学基金(批准号：40172071，49972074)、国家自然科学基金国际合作交流项目(批准号：40211120151)、中国地质调查局项目(200313000057)和国家重点基础研究发展规划项目(2002CB412608)及 The University of Nevada Las Vegas (to Hanson), and the Geological Society of America (to Druschke)经费资助.

参 考 文 献

1 叶连俊，关士聪. 甘肃中南部地质志. 地质专报，甲种 19 号，1944: 1~72
2 李春昱，刘仰文，朱宝清，等. 秦岭及祁连山构造发展史. 国际地质交流学术论文集(一). 北京：地质出版社, 1978. 174~185
3 李春昱，王荃，刘雪亚，等. 亚洲大地构造说明书. 北京：地质出版社, 1982. 1~49
4 张国伟，周鼎武，于在平，等. 秦岭造山带岩石圈组成、结构和演化特征. 见：叶连俊主编. 秦岭造山带学术讨论会论文选集. 西安：西北大学出版社, 1991. 121~138
5 张国伟，孟庆任，于在平，等. 秦岭造山带的造山过程及其动力学特征. 中国科学, D 辑, 1996, 26(3): 193~200
6 张国伟，张本仁，袁学诚，等. 秦岭造山带与大陆动力学. 北京：科学出版社, 2001. 1~855
7 Meng Q R, Zhang G W. Geologic framework and tectonic evolution of the Qinling Orogen, central China. Tectonophysics, 2000, 323: 183~196[DOI]
8 Meng Q R, Zhang G W. Timing of collision of the North and South China blocks; controversy and reconciliation. Geology, 1999, 27: 123~126[DOI]
9 赖少聪，张国伟，裴先治. 南秦岭勉略结合带琵琶寺洋壳蛇绿岩的厘定及其大地构造意义. 地质通报, 2002, 21(8-9): 465~470
10 裴先治，张国伟，赖绍聪，等. 西秦岭南缘勉略构造带主要地质特征. 地质通报, 2002, 21(8-9): 486~494
11 程建生，周会武，冯永忠. 甘肃文县上震旦统重力流沉积及其构造古地理意义. 甘肃地质学报, 1993, 2(1): 17~24
12 陶洪祥，何恢亚，王全庆，等. 扬子板块北缘构造演化史. 西安：西北大学出版社, 1994. 1~141
13 赵祥生，马少龙，邹湘华，等. 秦巴地区碧口群时代层序、火山作用及含矿性研究. 中国地质科学院西安地质矿产所所刊, 1990, (29): 1~128
14 甘肃省地质矿产局. 甘肃省区域地质志. 北京：地质出版社, 1989. 1~692
15 姜春发，杨经绥，冯秉贵，等. 昆仑开合构造. 北京：地质出版社, 1992. 1~224
16 姜春发，王宗起，李锦轶. 中央造山带开合构造. 北京：地质出版社, 2000. 1~154
17 王二七，孟庆任，陈智樑，等. 龙门山断裂带印支期左旋走滑运动及其大地构造成因. 地学前缘, 2001, 8(2): 375~384
18 闫全人，王宗起，Hanson A D，等. 南秦岭横丹群浊积岩系——发育于扬子板块边缘上的弧前盆地充填物. 地质通报，2002, 21(8-9): 495~500
19 Druschke P A, Hanson A D, Yan Q, et al. Recognition of a Late Paleozoic arc/forearc system developed on the north margin of the South China Plate, southwestern Qinling Mountains, China. GSA Program with Abstracts, 2002, 34(6): 142
20 Hanson A D, Yan Q, Druschke P A, et al. The southwestern Qinling Shan of central China: A Late Paleozoic subduction/accretionary wedge system and continental arc/forearc constructed upon the north-facing Devonian passive margin of the South China Block. GSA Program with Abstracts, 2002, 34(6): 166
21 王松山. 应用 49-2 反应堆进行 ^{40}Ar-^{39}Ar 定年及迁安曹庄群斜长角闪岩年龄谱的地质意义. 岩石学报, 1985, (3): 34~44
22 王松山. 氯对 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 定年的制约及数据处理. 地质科学, 1992, (4): 369~378
23 李曙光，孙卫东，张国伟，等. 南秦岭勉略构造带黑沟峡变质火山岩的年代学和地球化学——古生代洋盆及其闭合时代的证据. 中国科学, D 辑, 1996, 26(3): 223~230
24 张宗清，刘敦一，付国民. 北秦岭变质地层同位素年代研究. 北京：地质出版社, 1994. 1~191
25 孙卫东，李曙光，Chen Y，等. 南秦岭花岗岩锆石 U-Pb 年龄及其地质意义. 地球化学, 2000, 29(3): 209~216
26 秦克令，金浩甲，赵东宏. 碧口古岛弧带构造演化与成矿. 河南地质, 1994, 12(4): 304~317
27 谢启兴，何文劲，陈明. 平武地区中生代花岗岩类的演化特征及其成因意义. 四川地质学报, 2000, 20(2): 93~99
28 Busby R V, Ingersoll C J. Tectonics of sedimentary basins. Tectonics of sedimentary basins. In: Busby C J, Ingersoll R V, eds. Blackwell Science, 1995. 1~51
29 Ingersoll C J, Graham S A, Dickinson W R. Remnant ocean basins. Tectonics of sedimentary basins. In: Busby C J, Ingersoll R V, eds. Blackwell Science, 1995. 363~391

(2004-04-19 收稿， 2004-06-01 收修改稿)