

·问题讨论·

武当地块主要地质事件年代学研究

胡健民^{1,2}, 马国良², 高殿松², 张森琦²

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100101; 2. 西安工程学院, 西安 710054)

提要:武当地块是南秦岭构造带内一系列前寒武纪地块之一, 古生代以来经历过 3 次重要的构造变形, 即伸展作用、逆冲推覆作用和造山晚期走滑构造作用。运用⁴⁰Ar/³⁹Ar 阶段升温、⁴⁰Ar/³⁹Ar 激光探针及 Sm-Nd 等时线等多种测年方法确定伸展构造发生于 423~261 Ma、逆冲推覆构造发生于 234~200 Ma, 表明伸展构造可能分别与商丹缝合带的碰撞及勉略洋的拉开有关, 称之为同碰撞伸展构造, 而武当地块内发育的逆冲推覆构造则应是华北板块与扬子板块沿勉略带发生碰撞的结果。

关 键 词:同位素年龄测定; ⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄; Sm-Nd 等时线年龄; 构造变形; 武当地块

中图分类号: P542.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-3967(2000)03-0318-07

秦岭造山带南秦岭构造带分布着一系列晚太古—古元古代结晶基底地块与中元古代过渡基底地块, 武当地块是其中规模较大的中元古代地块^[1]。这些地块的存在无疑增加了华北板块与扬子板块碰撞边界、碰撞过程的复杂性, 使秦岭造山带的一些关键问题长期存在争论。因此研究这些地块的构造特征和演化对认识秦岭造山带构造演化具有重要意义。早古生代以来, 武当地块经历过 3 次重要的构造变形, 即顺层伸展滑脱构造及顺层基性侵入岩事件、逆冲推覆构造、核部右行走滑剪切构造。构造地质研究成果已确定了它们之间的相对变形顺序^[2~8], 同位素年代学的研究对确定这些变形事件发生的时代、与整个秦岭造山带构造演化的关系, 尤其对解决北秦岭商丹带与南秦岭勉略带的拉开与碰撞等地质问题具有重要意义。

1 顺层伸展滑脱构造及顺层基性侵入岩事件

1.1 武当地块伸展滑脱构造

顺层伸展滑脱构造在构造变形序列上发生于逆冲推覆构造之前, 现今武当山岩群与耀岭河组之间的界面为主滑脱面, 其下基底系统武当山岩群各岩组或岩段之间发育次一级的顺层滑脱面及顺层滑脱变形层, 沿这些滑脱面顺层侵位了大量的基性岩席。主滑脱面之上耀岭河组与陡山沱组之间为另一个重要的滑脱面, 常常导致陡山沱组和灯影组的强烈缺失, 尤其在地块南部及西南部灯影组经常全部缺失。武当地块北部震旦系灯影组上部及其以上古生界为一

收稿日期: 1999-04-11; 修订日期: 2000-02-02

基金项目: 国家自然科学基金项目(批准号 49972066)和博士后基金资助。

(作者简介: 胡健民(1958), 男(汉族), 宁夏中卫人, 教授、博士, 从事构造地质学及造山带地质研究及教学工作。 http://www.cnki.net) (胡健民(1958), 男(汉族), 宁夏中卫人, 教授、博士, 从事构造地质学及造山带地质研究及教学工作。 http://www.cnki.net)

些顺层发育的层滑岩片^[4~5]。南部由于核部走滑剪切带的改造,滑脱系统上部除寒武系底界滑脱面外,其他各滑脱面难于鉴定,但一些地层的缺失显然是滑脱变形造成的^[5]。

顺层基性侵入岩是顺层伸展滑脱构造过程中沿主拆离滑脱面及其之下一些次级滑脱面侵入的,是武当地块伸展构造的重要组成部分,其年龄可以代表伸展滑脱构造的时代。另一方面,伸展滑脱构造变形过程中,有同变形变质矿物的形成,顺下滑脱面到上滑脱面的各个变形层次的变形面理上都有白云母及闪石类矿物,这给年代学的确定带来方便。

1.2 伸展滑脱变形面理中白云母⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄

两件样品均采自武当地块北部边缘南化塘地区。虽然武当山岩群与耀岭河组中受其他变质变形形成的白云母的干扰,但盖层层滑岩片中陡山沱组与灯影组在伸展滑脱变形过程中形成的变形面理易于确认,并且没有受到晚期变形作用的叠加。伸展作用之后的逆冲推覆构造在南化塘地区多以褶皱来调节,在褶皱轴面劈理上有白云母形成,采样处没有这一期劈理的发育,这在薄片显微构造域也已确认。样品 8047 采自陡山沱组白云母石英片岩,8267 采自片理化白云母白云岩。样品 8047 由原地矿部同位素地质研究实验室测定,测试结果列于表 1,坪年龄(261±0.25)Ma,等时年龄(260.45±2.4)Ma(图 1)。样品 8267 由北京大学地质系同位素地球化学研究实验室测定,测试过程中样品被加工成 5 mm×5 mm×0.4mm 的薄片后送原子反应堆做块中子照射,然后采用激光探针技术定年。测定结果为(282.7±8.5)Ma(表 2)。

表 1 样品 8047 阶段升温数据(样重 1.51mg,j=0.018 61)
Tab.1 Stage incremental heating data of sample 8047

加热温度 ℃	(40/39)m	(36/39)m	(37/39)m	F	Ar ³⁹ (mol) E-14	Age(Ma)	Ar ³⁹ (%)
570	8.445 0	0.002 2	0.024 8	7.782 7	2 179.56	224.01±3.96	16.8
670	9.095 0	0.002 3	0.011 7	8.398 4	2 380.26	261.98±2.68	34.7
750	8.694 1	0.001 2	0.005 9	8.324 1	2 513.48	259.82±4.24	53.6
830	8.547 4	0.000 8	0.003 0	8.312 0	3 442.50	259.47±2.50	80.6
910	8.694 0	0.001 1	0.001 6	8.373 9	2 117.31	261.27±2.52	96.1
1 000	10.065 4	0.005 6	0.006 6	8.396 4	431.35	261.92±2.81	99.4
1 075	30.940 0	0.075 6	0.055 2	8.608 6	33.62	268.07±22.72	99.7
1 140	54.557 5	0.150 6	0.095 2	10.045 9	17.33	309.19±26.04	99.8
1 400	96.945 3	0.262 4	0.095 4	19.400 0	22.29	555.99±76.57	100.0

表 2 灯影组白云岩伸展滑脱变形期白云母⁴⁰Ar/³⁹Ar 激光探针测年结果

Tab.2 Muscovite ⁴⁰Ar/³⁹Ar Laser probe dating results of dolomite of the Dengying Formation

样号	激光脉冲 (n×t/m)	⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar	³⁷ Ar/ ³⁹ Ar	³⁶ Ar/ ³⁹ Ar	⁴⁰ Ar*/ ³⁹ Ar	⁴⁰ Ar* (%)	T(2σ, Ma)	J
8 267	50×250	9.56	0.017	0.008	7.19	76	282.7 ±8.5	0.023 6

1.3 变基性侵入岩同位素年代学测定

变基性侵入岩采用两种不同的方法进行了测定,分别在中国科学院地质研究所 Ar-Ar 定年实验室和中国地质科学院地质研究所 Sm-Nd 同位素组测定。样品采自郧县胡家营。

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄样为变辉绿岩的角闪石,岩石主要矿物为角闪石、斜长石(钠长石)、石榴石、石英、少量黑云母。尽管所采角闪石为变质矿物,但由于武当地块变辉绿岩脉沿滑脱拆离面同构造侵位,其变质矿物组合及显微构造研究表明角闪石为同变形变质矿物,因此,所测角闪石大体代表了岩体侵位年龄。测定仪器为英国 RGA-10 气体源质谱计。测得角闪石坪年龄(423.8 ± 5)Ma,等时年龄(417.9 ± 6)Ma(表 3,图 2)。同一件岩石样品中选择钠长石、角闪石与全岩组合进行 Sm-Nd 等时年龄测定,获得(301 ± 38)Ma 的年龄值(表 4,图 3)。

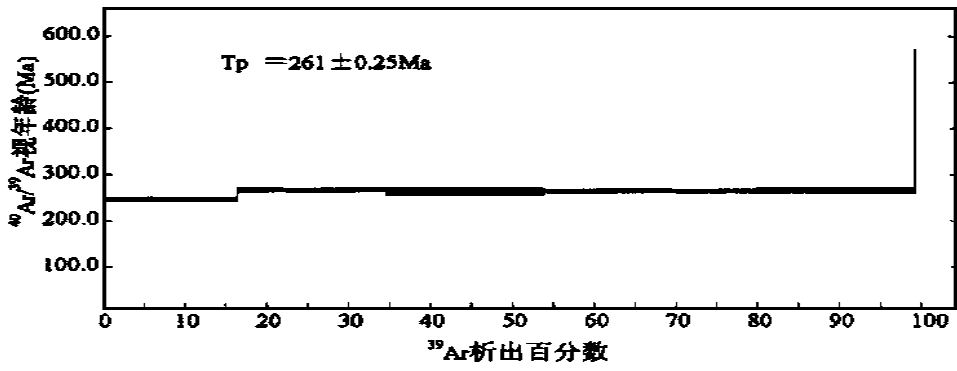


图 1 伸展滑脱拆离面上白云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄

Fig. 1 Muscovite $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ age of the extensional detachment surface

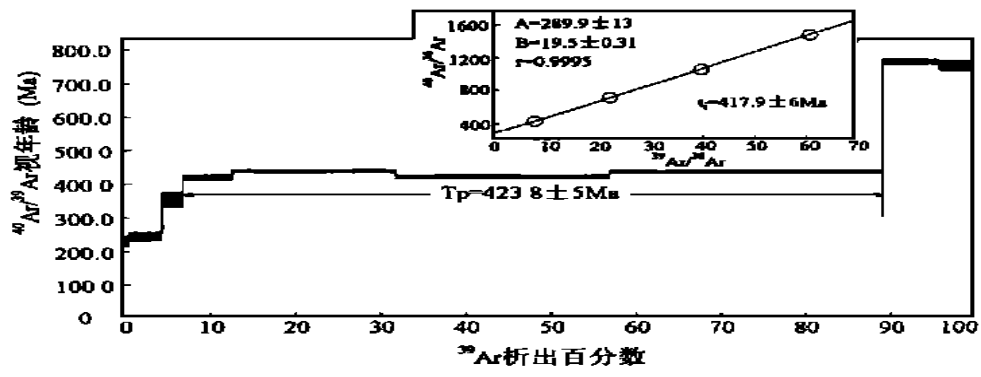


图 2 变基性岩脉角闪石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄

Fig. 2 Hornblende $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ age of metabasic dikes

2 逆冲推覆构造同位素年代学测定

2.1 武当地块逆冲推覆构造

武当地块推覆构造与其西侧南秦岭推覆构造系统具相对独立性。武当地块作为南秦岭构造带中最大的一个中元古代地块,在整个南秦岭向南推覆过程中显示了相对刚性的特点,因此,武当地块推覆构造格局相对简单,包括主推覆面房县—青峰逆冲断层带与北至十堰断裂间

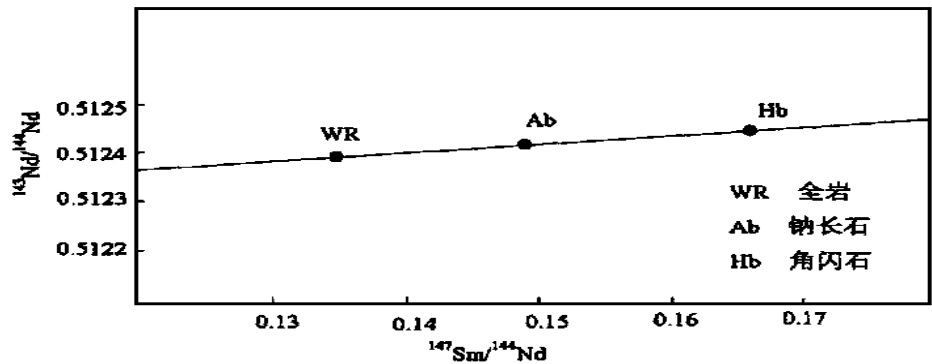


图 3 变基性岩脉矿物—全岩 Sm-Nd 等时年龄

Fig.3 Mineral whole-rock Sm-Nd isochron age of metabasic dikes

表 3 样品 223/1 阶段升温数据(样重 0.35mg,j=0.013 39)

Tab.3 Stage incremental heating data of sample 223/1

加热温度 ℃	⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar	³⁶ Ar/ ³⁹ Ar	³⁷ Ar/ ³⁹ Ar	³⁸ Ar/ ³⁹ Ar	³⁹ Ar _k 10 ⁻¹² (mol)	⁴⁰ Ar* / ³⁹ Ar _k ±1σ	³⁹ Ar _k (%)	视年龄 t±1σ (Ma)
480	229.09	0.345 5	2.299 1	0.327 3	0.15	9.94±0.72	1.28	225.5±16
650	129.29	0.404 0	1.853 7	0.262 6	0.31	10.6±0.41	2.65	238.4±12
780	79.394	0.218 2	1.908 5	0.224 2	0.38	15.3±0.25	3.25	337.1±10
900	59.139	0.136 2	2.447 8	0.189 9	0.65	19.3±0.18	5.56	413.9±8
1 000	33.367	0.045 9	4.905 2	0.336 7	2.27	20.3±0.11	19.3	433.3±5
1 100	26.190	0.025 0	0.635 5	0.022 2	2.92	19.4±0.08	25.1	416.3±4
1 200	24.188	0.016 3	7.549 5	0.018 1	3.71	20.1±0.07	31.7	429.3±5
1 300	55.462	0.061 6	9.071 9	0.064 4	0.83	38.2±0.27	7.11	746.0±16
1 500	87.879	0.017 17	2.475 3	0.085 9	0.46	37.6±0.32	3.92	735.4±25

表 4 样品 223/1 矿物—全岩 Sm-Nd 等时线测年

Tab.4 Mineral-whole-rock Sm-Nd isochron dating data of sample 223/1

样品	X147/144	X-2σ	Y143/144	Y-2σ	T (CHUR)	T (DM10)	T (DM12)	ε(Nd)
Wr	0.134 9	0.000 135 4	0.512 395	0.000 006	605	1 458	1 588	-4.8
Ab	0.165 9	0.000 166 4	0.512 456	0.000 005	911	2 204	2 367	-3.6
Hb	0.148 8	0.000 149 3	0.512 418	0.000 042	707	1 715	1 859	-4.3

的房县—青峰推覆体,十堰逆冲断层带与北侧十堰推覆体。各推覆体内部,除形成一些次级逆冲断层使地层发生重复外,早期形成的顺层拆离断层、滑脱变形层及顺层侵位的基性侵入岩群与地层一起发生了强烈紧闭褶皱。因此,推覆体内部主要通过褶皱变形而缩短,也表明逆冲推覆构造作用晚于顺层伸展滑脱变形^[5]。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www

2.2 逆冲推覆构造同位素年代学测定

逆冲推覆构造变形作用同位素年代学研究实际上已经取得了比较多的证据,大别地区高压变质带大量的年龄数据集中于 200 Ma 左右,表明华北与扬子大规模碰撞发生于三叠纪一早侏罗世,武当地块开始向扬子板块逆冲时,勉略缝合带封闭,因此,推覆构造应发生在勉略洋壳消减完时至南秦岭与扬子板块碰撞。

在南秦岭构造带与扬子板块碰撞过程中,武当地块北缘形成了以蓝片岩为代表的高压变质岩,作者取得了与 Mattauer 等^[9]所获(232±5) Ma 的年龄值大体一致的数据,即坪年龄(234.49±0.86)Ma,等时线年龄(233.9±2.9)Ma(图 4,表 5)。样品采自武当地块北部南化塘地区,由中国地质科学院地质研究所⁴⁰Ar/³⁹Ar 同位素组测试。武当山岩群变酸性火山岩蓝闪石具褐色多色性,闪石解理发育,长条状顺片理及晚期折劈理分布。先前的构造学研究表明,南化塘地区伸展滑脱构造与晚期收缩变形(武当地区推覆构造变形期)为连续递进变形关系^[4,6]。因此,两组面理中的蓝闪石类矿物实际上代表了推覆变形期时代。

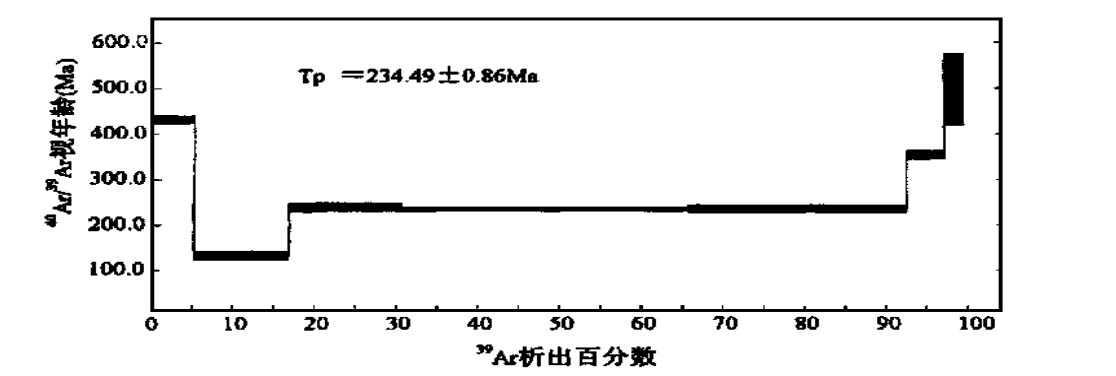


图 4 武当地块北部武当山岩群变酸性火山岩中蓝闪石⁴⁰Ar/³⁹Ar
Fig. 4 ⁴⁰Ar/³⁹Ar age of glaucophane in meta-acid volcanic rocks
of the Wudangshan Group-complex in the northern part of the Wudang block

表 5 样品 9541 阶段升温数据(样重 256mg,j=0.018 47)

Tab.5 Stage incremental heating data of sample 9541							
加热温度 (℃)	(40/39) _m	(36/39) _m	(37/39) _m	F	Ar ³⁹ (mol) E-14	Age (Ma)	Ar ³⁹ (%)
570	31.027 9	0.054 1	0.630 4	15.093 2	70.44	443.60±8.36	5
670	29.033 9	0.084 7	1.331 7	4.101 6	69.08	131.74±11.10	17
790	29.052 8	0.072 9	1.234 3	7.586 5	80.88	236.57±8.48	30
910	16.002 2	0.029 0	1.075 4	7.502 5	204.31	234.11±4.95	65
1 000	15.042 4	0.028 5	10.801 6	7.454 7	158.39	232.71±9.10	93
1 075	39.733 0	0.090 1	18.057 2	11.925 0	56.66	359.10±9.81	97
1 400	61.092 9	0.147 4	5.428 6	18.007 2	13.80	507.98±80.58	100

3 走滑剪切变形时代

武当地块核部走滑剪切变形带是整个秦岭造山带造山晚期走滑剪切系统组成之一,其变形时代与北秦岭带相应的走滑剪切变形时代是一致的,同秦岭地区走滑剪切作用表现为多期性一样,武当地块核部走滑剪切带也已被鉴定出先右行后左行的走滑剪切的叠加^[5]。因此,年代学样品的采集与分析须进一步研究后方可进行。构造学研究表明走滑剪切变形作用在逆冲推覆构造发育的中晚期开始发生,区域构造分析认为,华北与扬子板块在东部的岬角状碰撞最先导致秦岭地区发生右行走滑,而持续的碰撞挤压使华北板块发生顺时针旋转,并导致秦岭地区大规模的左行走滑。因此依据邻区资料走滑剪切变形的时代应在早一中白垩世。

4 讨论

作者在武当地块西南部武当山岩群内部基性侵入岩较为发育的 1km 范围内采集 7 个样品进行全岩 Sm-Nd 等时年龄测定,未获得成功,但样品测试的结果大体落在一条¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd—¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Sm 反相关的趋势线上,表明这些样品在岩浆侵位过程中其 Sm、Nd 同位素很可能受到过混染。因此对这些基性岩脉进行全岩 Sm-Nd 等时年龄研究时须十分慎重。

采自滑脱面上的白云母及直接采自变基性岩脉的角闪石所得的结论与区域地质反映出的情况较为一致。尽管地层由于顺层拆离而强烈缺失,陡山沱组与耀岭河组依然总是紧密相伴,几乎未见到陡山沱组直接覆盖于武当山岩群之上,且除靠近商丹缝合带附近的陡山沱组曾报道有遭受剪切变形的底砾岩出现外,武当地区其他地方未见有相应报道。因此在耀岭河组沉积之后立即进行的伸展拆离的地质依据很难找到,变基性侵入岩席在岩石地球化学性质上与勉略缝合带变玄武岩的一致性也使人相信 400~261 Ma 的伸展拆离构造似乎更好理解^[10]。当然关于变基性侵入岩的时代,作者仍然在进行其他方面的工作。

上述武当地块 3 次重要变形事件同位素年代学测定结果证实了构造学研究所确定的变形序列。它们反映了碰撞造山带的一个完整演化过程^[11~12],即碰撞前和同碰撞伸展构造→逆冲推覆构造→碰撞晚期及碰撞后走滑剪切构造。秦岭造山带沿商丹缝合带发生的主碰撞作用时限为 430~400 Ma,在这个过程中,南秦岭构造带由于其组成和结构的复杂性而在许多部位处于拉伸环境,镇安、旬阳一带形成表层塌陷盆地,武当地区则使基底武当山岩群隆起而导致一系列顺层滑脱拆离构造的形成,沿拆离面顺层侵位了大量的基性岩体。后者又加速了基底的隆起和拆离构造的发育。南秦岭构造带持续的拉伸作用最终导致了勉略带所代表的洋壳的打开,然而由于这次伸展作用是华北与扬子板块碰撞过程中发生的,该洋壳东西方向的延伸及其持续的时间可能并不太长,武当地块向南侧的逆冲推覆表明当时该洋壳已经闭合。而正如前文所述,走滑变形是两大板块碰撞边界几何状况及碰撞方式造成的对碰撞作用的调节。

参考文献:

- [1] 张二朋. 秦岭一大巴山及邻区地质图(1:100 万)[Z]. 北京:地质出版社,1992.
- [2] 蔡学林,石绍清,吴德超,等. 武当山推覆构造的形成与演化[M]. 成都:成都科技出版社,1995.
- [3] 柴玉成. 东秦岭造山带南翼的构造格局及演化[D]. 中国地质大学(北京)博士论文,1989.
- [4] 胡健民,李侠,宋子新,等. 扬子地块北缘滑脱系统结构单位的组成与特征[J]. 西安地质学院学报,1993,15(增刊):61.
- [5] 胡健民. 南秦岭构造带武当地块构造演化[D]. 中国地质大学(北京)博士论文,1998.

- [6] 胡健民, 宋子新, 郭力宇. 湖北武当地块北缘伸展滑脱构造特征[J]. 中国区域地质, 1999, (1): 39—44.
- [7] 秦正永, 刘兴义, 胡小蝶, 等. 武当地区构造解析及成矿规律[M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- [8] WANFU HUANG. Multiphase deformation and displacement within a basement complex on a continental margin: the Wudang Complex in the Qinling Orogen, China[J]. Tectonophysics, 1993, 24: 305—326.
- [9] MATTAUER M PH, MATTE J, MALAVIEILLE T, et al. Tectonics of the Qinling Belt: build-up and evolution of eastern Asia[J]. Nature, 1985, 317(10): 496—500.
- [10] 赖绍聪, 张国伟, 杨永成, 等. 南秦岭勉县—略阳结合带蛇绿岩与岛弧火山岩地球化学及其大地构造意义[J]. 地球化学, 1998, 27(3): 283—293.
- [11] 宋鸿林. 秦岭一大别造山带早期的伸展构造[A]. 见: 钱祥麟主编. 伸展构造研究[C]. 北京: 地质出版社, 1990. 12.
- [12] RATSCHBACHER L, et al. Lateral extrusion in the eastern Alps, Part 1: Boundary conditions and experiments scaled for gravity[J]. Tectonics, 1991, 10(2): 245—256.

Chronology of major geological events of the Wudang block in the south Qinling orogen

HU Jian-min^{1,2}, MA Guo-liang², GAO Dian-song², ZHANG Sen-qi²

(1. Institute of Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

2. Xi'an University of Engineering, Xi'an 710054, China)

Abstract: The Wudang block is one of several median blocks in a series of rigid orogenic belts in the South Qinling tectonic belt. It has undergone three major tectonic deformation events since the Paleozoic, i. e. syncollisional extension, thrusting and late-orogenic strike slip. Structural study indicates that the deformational events are related to the collision of the North China plate and the South Qinling tectonic belt along the Shangdan suture zone, the opening of the late Paleozoic Mianlue Ocean and the wholesale collision of the North China plate with the Yangtze plate in the Qinling orogen, respectively. The syncollisional extension occurred 423~261 Ma ago and thrusting about 234~200 Ma ago.

Key words: isotopic age determination; ⁴⁰Ar/³⁹Ar age; Sm-Nd isochron age; deformation; Wudang block