

武当群变质岩年龄

张宗清¹ 张国伟² 唐索寒¹ 王进辉¹

(1.中国地质科学院地质研究所,北京 100037 2.西北大学地质系,陕西 西安 710069)

摘要:出露于湖北省西北部武当群的形成年龄长期争论。本文报道了采自湖北省十堰市北、武当山太子坡和房县土城的武当群变质火山岩样品的Sm-Nd、Rb-Sr年龄测定结果。原划武当群可能由两部分变质火山岩组成。一部分变质火山岩原岩形成于1 927 Ma左右,火山岩物质来自于类似MORB地幔源区,岩石形成过程中未见明显地壳物质污染,是真正武当群;另一部分变质火山岩原岩形成于1 175~871 Ma间,和耀岭河群、郧西群变质火山岩原岩形成年龄类似,岩石同位素组成也有亲缘性。在复杂地质作用地区地层时代研究中,如果从少量Nd同位素研究入手可能会收到好的效果。

关键词:年龄;武当群

中图分类号:P597+.3 文献标识码:A 文章编号:1000-3657(2002)02-0117-09

武当群出露于湖北省西北部郧县、郧西县、竹山和房县一带,呈穹隆状产出。穹隆中心为武当群,外围为耀岭河群、郧西群、震旦系和古生界地层。南部以青峰断裂为界与扬子古生界地层接触,东部被南阳断陷盆地中、新生界地层覆盖(图1)。

武当群是一套变质火山-沉积岩系,主要由变质基性至中酸性火山岩组成,夹少量变质沉积岩。变质火山岩具双模式特征,下部变质基性火山岩较多,上部主要为变质酸性火山岩。变质沉积岩在火山岩中呈夹层存在,有石英岩、变质砂岩、绢云片岩和少量大理岩。该群遭受过强烈变质变形作用,变质作用程度达绿片岩相—高绿片岩相。

武当群的形成时代长期争论。早在1930年李捷、朱森就对其进行过工作,把武当群划为太古宙地层。解放后,湖北、河南、陕西地质局所属地质队,高等院校和科研机构对武当群的形成时代做过大量工作,先后把武当群置于古元古界,中、古元古界,中元古界、新元古界等位置。对武当群也做过同位素年代学工作,不同方法(U-Pb、Rb-Sr、K-Ar)所获得的年龄数据十分分散,介于164~2 442 Ma之间^[1,2]。“八五”期间,笔者对武当群的时代也做了研究,结果如下。

分析方法见参考文献^[3]。⁸⁷Sr/⁸⁶Sr、¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd比值质量分馏分别用⁸⁶Sr/⁸⁸Sr=0.119 4和¹⁴⁶Nd/¹⁴⁴Nd=0.721 9改正,标准物质J.M.Nd₂O₃¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd=0.511 125±8 (2σ),GBS04419¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd=0.512 731±8 (2σ),流程空白Rb、Sr—10⁻⁹~10⁻¹⁰g,Sm、Nd—10⁻¹¹g。年龄用ISOPLOT(2000)软件计算。模式年龄 t_{DM} 用 $t_{DM}=1/\lambda \ln \{ [(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_s - 0.513 15] / [(^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_s - 0.213 7] + 1 \}$ 公式计算,式中_s代表样品值。岩石化学成分由岩矿测试研究所用X荧光测定。

1 湖北省十堰市北武当群变质火山岩年龄

1.1 采样点地质概况和样品化学组成

样品采自湖北省十堰市北约7 km十堰至郧县公路剖面。出露地层为武当群下部层位,主要由变质基性火山岩组成,夹变质酸性火山岩。岩石强烈变形,片理化。变质基性火山岩由钠长石、石英、绿帘石、绿泥石和少量黑云母组成。绿泥石定向分布,石英、钠长石拉长。变质酸性火山岩为斑状结构,由钠长石、石英、白云母和少量绿泥石、绿帘石或黝帘石组成。岩石化学成分如表1。

收稿日期:2002-01-30;改回日期:2002-03-05

基金项目:国家自然科学基金项目(49732080,40072071)资助。

作者简介:张宗清,男,1941年生,研究员,从事同位素地质年代学和地球化学研究工作。

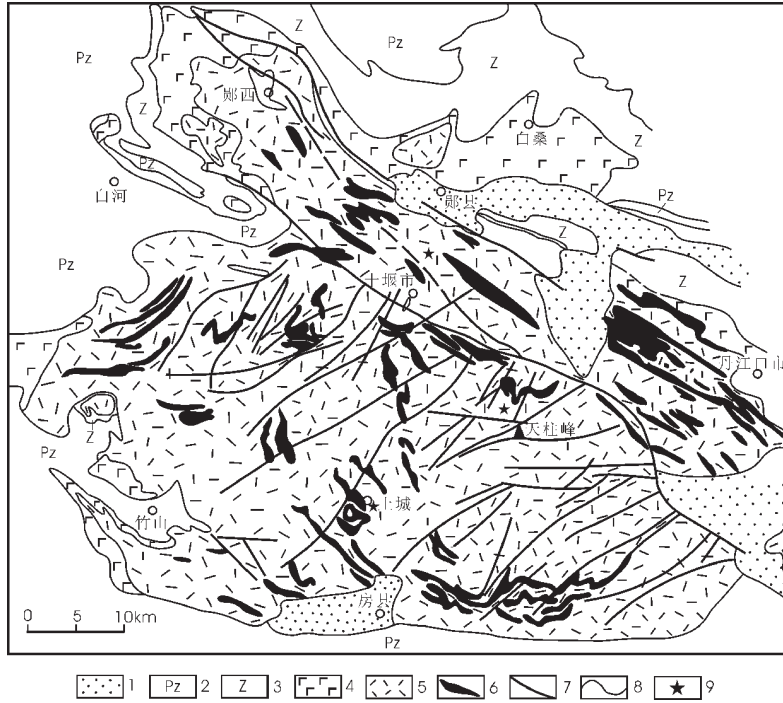


图1 武当群地质略图(据1:50万湖北省地质图简化,1990)

Fig. 1 Geological sketch map of the Wudang Group (simplified from 1:500000 Geological Map of Hubei Province, 1990)

1—中、新生界 2—古生界 3—震旦系 4—耀岭河群、郧西群 5—武当群 6—基性岩墙群 7—断层 8—地层界线 9—采样位置

1.2 变质火山岩样品年龄测定结果

(1) 变质火山岩样品Sm-Nd年龄

对采自十堰市北武当群变质火山岩10个样品进行了Sm-Nd年龄同位素分析(表2)。从样品在Sm-Nd等时图(图2)上的分布可以看出,除样品Q92501外,

表1 十堰市北武当群变质火山岩样品化学成分(%)

Table 1 Chemical composition of samples of metavolcanic rocks of the Wudang Group north of Shiyan City, Hubei Province

样品	Q92489	Q92494
SiO ₂	67.21	41.48
TiO ₂	0.88	1.54
Al ₂ O ₃	17.42	13.63
Fe ₂ O ₃	1.97	3.83
FeO	1.44	10.14
MnO	0.07	0.25
MgO	0.74	8.65
CaO	1.37	7.12
Na ₂ O	5.47	4.17
K ₂ O	2.04	0.05
P ₂ O ₅	0.35	0.28
LoI	1.05	7.89
Σ	100.01	99.03

其余9个样品形成一条很好的等时线。等时年龄 $t = 1927 \pm 75 (2\sigma) \text{ Ma}$, $I_{\text{Nd}} = 0.510433 \pm 74 (2\sigma) \text{ MSWD} 0.81$ 。样品模式年龄 t_{DM} 除样品Q92501外,都相当接近,9个样品 t_{DM} 值由1913~1986 Ma,平均值 $1945 \pm 25 (\sigma) \text{ Ma}$ 。其值和样品等时年龄值在误差范围内一致。样品Q92501模式年龄比其他样品小得多, t_{DM} 为

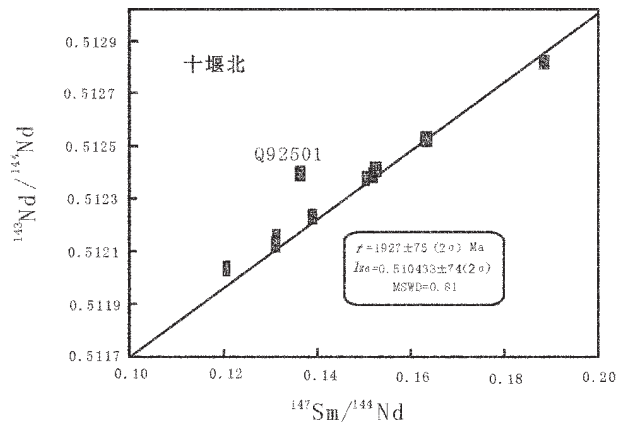


图2 十堰市北武当群变质火山岩样品Sm-Nd等时年龄

Fig. 2 Sm-Nd isochron age of metavolcanic rock samples of the Wudang Group north of Shiyan City, Hubei Province

表 2 十堰市北武当群变质火山岩样品 Sm-Nd 年龄同位素分析结果

Table 2 Sm-Nd age analysis of metavolcanic rock samples of the Wudang Group north of Shiyan City, Hubei Province

样品	Sm($\mu\text{g/g}$)	Nd($\mu\text{g/g}$)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$\pm 2\sigma$	t_{DM} (Ma)
Q92488	3.596	15.675	0.1388	0.512186	24	1955
Q92489	6.337	29.158	0.1315	0.512107	16	1928
Q92490	5.551	25.552	0.1314	0.512075	9	1984
Q92494	3.712	15.023	0.1495	0.512340	8	1936
Q92495	11.374	42.524	0.1618	0.512487	7	1941
Q92496	3.377	13.524	0.1510	0.512344	36	1953
Q92498	8.068	40.179	0.1215	0.511986	10	1918
Q92499	3.904	15.580	0.1516	0.512368	30	1913
Q92501	10.167	45.080	0.1364	0.512354	9	1566
Q92502	3.026	9.870	0.1854	0.512781	6	1981

1566 Ma。它可能不是武当群变质火山岩,而是后期火山作用岩石,或它们的混合物(详见后面讨论)。

(2) 变质火山岩样品 Rb-Sr 年龄

对 6 个采自十堰市北的武当群变质火山岩样

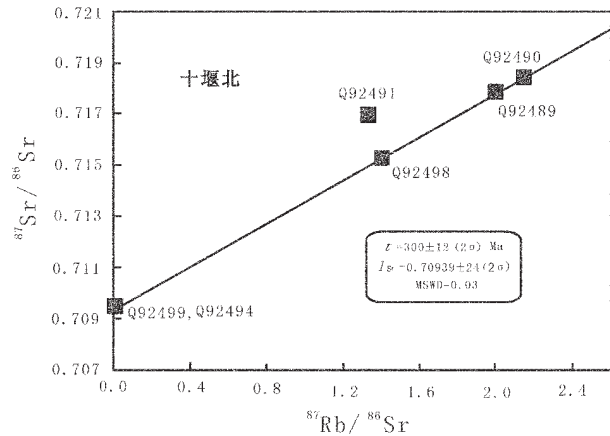


图 3 十堰市北武当群变质火山岩样品 Rb-Sr 等时年龄

Fig. 3 Rb-Sr isochron ages north of Shiyan City, Hubei Province

品进行了 Rb-Sr 年龄同位素分析(表 3)。从 Rb-Sr 等时图(图 3)上的分布可以看出,除样品 Q92491 外,其余 5 个样品均形成一条十分好的等时线,等时年龄 $t = 300 \pm 12 (2\sigma)$ Ma, $I_{\text{Sr}} = 0.70939 \pm 24 (2\sigma)$ MSWD 0.03。

2 湖北省郧县太子坡武当群变质火山岩年龄

2.1 采样点地质概况和样品化学组成

样品采自郧县武当山南天门太子坡公路 23 km 处,紫霄宫北 20 m 处,紫霄饭店南采石场和龙泉观。采样地点出露岩石均为变质火山岩。按湖北省区域地质志划分^[2],变质火山岩地层应属武当群上部层位,主要由变质中、酸性火山岩组成,夹变质基性火山岩。岩石遭绿片岩相—高绿片岩相变质作用,强烈变形、片理化。变质酸性火山岩主要由石英、白云母、钠长石、绿泥石、绿帘石及少量石榴石组成。白云母、绿泥石定向排列,石英等柱状矿物有明显拉长现象。

表 3 十堰市北武当群变质火山岩样品 Rb-Sr 年龄同位素分析结果

Table 3 Rb-Sr age analysis of metavolcanic rock samples of the Wudang Group north of Shiyan City, Hubei Province

样品	Rf($\mu\text{g/g}$)	S($\mu\text{g/g}$)	$^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$\pm 2\sigma$
Q92489	4.509×10^1	6.543×10^1	1.996	0.71793	7
Q92490	3.966×10^1	5.371×10^1	2.138	0.71852	5
Q92491	3.754×10^1	7.847×10^1	1.385	0.71708	1
Q92494	3.800×10^{-1}	7.836×10^1	1.390×10^{-2}	0.70945	8
Q92498	1.133×10^2	2.347×10^2	1.397	0.71530	7
Q92499	3.400×10^{-1}	6.800×10^2	2.500×10^{-3}	0.70941	4

表4 郧县武当山太子坡武当群变质火山岩样品化学成分(%)

**Table 4 Composition of elements of
metavolcanic rock samples of the Wudang Group
from Taizipo, Wudang Mountain, Yunxian**

样品	Q92506	Q92512	Q92515	Q92519
SiO ₂	48.95	70.00	66.94	46.73
TiO ₂	0.69	0.38	0.43	3.40
Al ₂ O ₃	11.55	14.80	15.76	9.97
Fe ₂ O ₃	4.98	1.37	1.60	4.32
FeO	4.41	1.30	1.95	11.05
MnO	0.17	0.09	0.10	0.25
MgO	10.30	1.09	1.32	7.35
CaO	12.46	2.39	1.89	7.81
Na ₂ O	3.30	5.02	4.85	2.53
K ₂ O	0.30	1.86	3.15	1.20
P ₂ O ₅	0.22	0.12	0.09	0.46
LoI	1.66	1.05	1.09	3.33
Σ	98.99	99.47	99.17	98.40

变质基性火山岩主要由斜长石、阳起石、普通角闪石、绿泥石、绿帘石及少量石英、白云母组成,片状和柱状矿物定向明显。

部分样品化学成分如表4。变质基性火山岩样品元素组成和玄武岩相当,高MgO。样品Q92506 MgO含量高达10.30%。变质酸性火山岩样品化学成分类似流纹岩。

2.2 变质火山岩样品年龄测定结果

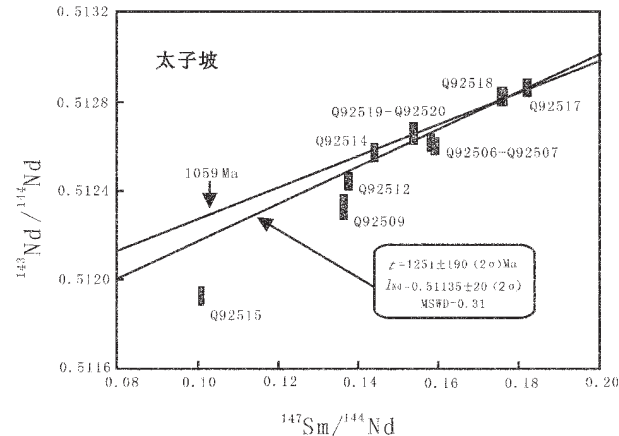


图4 郧县武当山太子坡武当群变质火山岩样品 ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd-¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd图

Fig. 4 ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd-¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd diagram of metavolcanic rock samples of the Wudang Group from Taizipo, Wudang Mountain, Yunxian

Q92506、Q92507、Q92517~Q92520为变质基性火山岩样品; Q92509、Q92512、Q92514、Q92515为变质酸性火山岩样品

(1) 变质火山岩样品Sm-Nd年龄

采自郧县武当山太子坡的武当群变质火山岩10个样品被用于Sm-Nd年龄测定,同位素分析结果列于表5。样品在Sm-Nd等时图上的分布见图4。由表5和图4可以看出,样品分散,不构成等时线。样品Nd模式年龄 t_{DM} 变化范围大,为1332~1742 Ma。变质火山岩中可能有老地壳物质混入。样品Q92515中混入的老地壳物质最多, t_{DM} 值最大;变质基性火山岩样品Q92517~Q92520及变质酸性火山岩样品Q92514 t_{DM} 较低,混入的地壳物质较少。由这几个混入老地壳物质最少的样品构成的等时线计算的等时年龄为 $1251 \pm 190 (2\sigma) \text{ Ma}$, $I_{Nd} = 0.51135 \pm 20 (2\sigma)$, MSWD 0.31。由Q92157、Q92158两个样品计算年龄 $t = 1059 \text{ Ma}$, $I_{Nd} = 0.5116$ 。

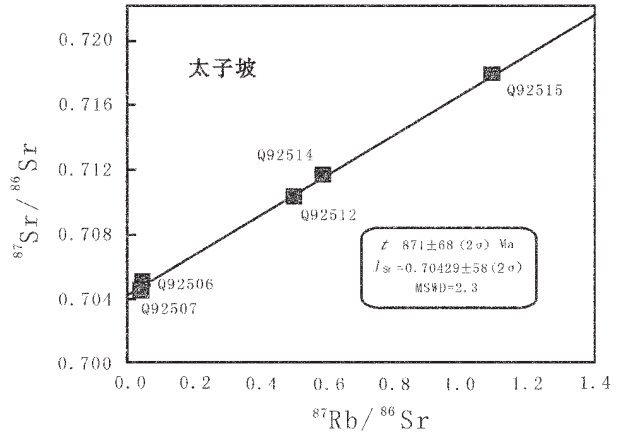


图5 郧县武当山太子坡武当群变质火山岩样品 Rb-Sr等时年龄

Fig. 5 Rb-Sr isochron ages of metavolcanic rock samples of the Wudang Group from Taizipo, Wudang Mountain, Yunxian

(2) 变质火山岩样品Rb-Sr年龄

采自郧县武当山太子坡的武当群变质火山岩5个样品被用于Rb-Sr年龄测定,分析结果列于表6。5个样品在Rb-Sr等时图上形成一条很好等时线(图5)。等时年龄 $t = 871 \pm 68 (2\sigma) \text{ Ma}$, $I_{Sr} = 0.70429 \pm 58 (2\sigma)$, MSWD 2.3。与Sm-Nd同位素结果比较,不难看出,这个年龄是变质作用Sr同位素系统再置时间。

3 湖北省房县土城武当群变质火山岩年龄

3.1 采样点地质概况和样品化学组成

样品采自房县土城南四颗村十堰至房县公路剖

表 5 郧县武当山太子坡武当群变质火山岩样品 Sm-Nd 年龄同位素分析结果

Table 5 Sm-Nd age analysis of metavolcanic rock samples of the Wudang Group from Taizipo, Wudang Mountain, Yunxian

样品	Sn(μg/g)	Nd(μg/g)	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd ± 2σ	t _{DM} (Ma)	
Q92506	2.298	8.798	0.1580	0.512570	15	1584
Q92507	2.156	8.225	0.1586	0.512552	12	1651
Q92509	7.340	32.706	0.1358	0.512279	8	1700
Q92512	6.203	27.359	0.1371	0.512386	8	1518
Q92514	4.713	19.820	0.1438	0.512517	18	1378
Q92515	6.003	35.950	0.1010	0.511859	8	1742
Q92517	2.917	9.710	0.1817	0.512835	18	1498
Q92518	4.916	16.911	0.1758	0.512794	8	1430
Q92519	9.515	37.432	0.1538	0.512614	10	1362
Q92520	9.348	36.763	0.1538	0.512626	39	1332

面。该地处于武当隆起南端,出露变质火山岩按湖北省区域地质志划分应属武当群的下部层位^[2],主要由变质中、基性火山岩组成,夹变质酸性火山岩。变

表 6 郧县武当山太子坡武当群变质火山岩样品 Rb-Sr 年龄同位素分析结果

Table 6 Rb-Sr age analysis of metavolcanic rock samples of the Wudang Group from Taizipo, Wudang Mountain, Yunxian

样品	Rb(μg/g)	Sr(μg/g)	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr ± 2σ	
Q92506	6.080	4.808 × 10 ²	3.662 × 10 ⁻²	0.70508	3
Q92507	5.710	4.986 × 10 ²	3.316 × 10 ⁻²	0.70444	6
Q92512	3.480 × 10 ¹	2.021 × 10 ²	4.983 × 10 ⁻¹	0.71031	3
Q92514	2.729 × 10 ¹	1.346 × 10 ²	5.865 × 10 ⁻¹	0.71161	2
Q92515	6.672 × 10 ¹	1.772 × 10 ²	1.091	0.71791	7

表 7 房县土城武当群变质火山岩样品化学成分(%)

Table 7 Composition of elements of metavolcanic rock samples of the Wudang Group from Tucheng, Fangxian County

样品	Q92533	Q92537	Q92540
SiO ₂	81.40	45.69	45.22
TiO ₂	0.22	1.81	1.57
Al ₂ O ₃	10.24	12.55	14.08
Fe ₂ O ₃	0.70	3.98	4.56
FeO	0.81	9.50	8.87
MnO	0.04	0.23	0.22
MgO	0.54	8.98	8.06
CaO	1.30	9.52	9.40
Na ₂ O	1.90	1.64	2.44
K ₂ O	1.55	0.66	0.31
P ₂ O ₅	0.05	0.32	0.31
LoI	0.83	3.44	3.50
Σ	99.58	98.32	98.54

质酸性火山岩由钠长石、石英、白云母及少量黑云母、石榴石组成。云母定向分布。变质基性火山岩由普通角闪石、阳起石—透闪石、绿泥石、黝帘石—绿帘石、黑云母、石英及少量白云母组成,岩石强烈片理化。部分样品化学成分如表7。

3.2 变质火山岩样品年龄测定结果

(1) 变质火山岩样品Sm-Nd年龄

对采自房县土城四颗树村公路剖面的9个武当群变质火山岩样品进行了Sm-Nd年龄同位素分析(表8)。样品在Sm-Nd等时图上十分分散,不构成等时线(图6)。样品Nd模式年龄t_{DM}由1 175 Ma至2 162 Ma,一组由3个变质酸性火山岩样品Q92533~

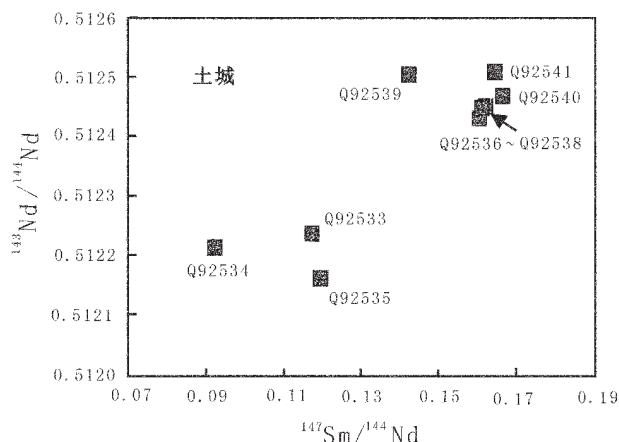


图6 房县土城武当群变质火山岩样品

¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd-¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd图

Fig. 6 ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd-¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd diagram of metavolcanic rock samples of the Wudang Group from Tucheng, Fangxian County

Q92533~Q92535为变质酸性火山岩,其余为变质基性火山岩样品

表 8 房县土城武当群变质火山岩样品 Sm-Nd 年龄同位素分析结果
Table 8 Sm-Nd age analysis of metavolcanic rock samples of the Wudang Group from Tucheng, Fangxian County

样品	Sm ($\mu\text{g/g}$)	Nd ($\mu\text{g/g}$)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} \pm 2\sigma$	t_{DM} (Ma)
Q92533	2.005	10.349	0.1172	0.512232	16
Q92534	1.419	9.322	0.9208×10^{-1}	0.512212	6
Q92535	4.676	23.656	0.1196	0.512162	6
Q92536	4.929	17.945	0.1661	0.512472	8
Q92537	4.637	17.326	0.1615	0.512453	4
Q92538	4.726	17.702	0.1619	0.512456	22
Q92539	4.082	17.403	0.1419	0.512507	21
Q92540	4.722	17.804	0.1604	0.512433	16
Q92541	4.453	16.432	0.1639	0.512512	8

表 9 房县土城武当群变质火山岩样品 Rb-Sr 年龄同位素分析结果

Table 9 Rb-Sr age analysis of metavolcanic rock samples of Tucheng, Fangxian County

样品	Rb ($\mu\text{g/g}$)	Sr ($\mu\text{g/g}$)	$^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$\pm 2\sigma$
Q92533	2.761×10^1	8.702×10^1	0.9187	0.71788	8
Q92534	3.281×10^1	1.023×10^2	0.9287	0.71595	4
Q92535	4.176×10^1	1.260×10^2	0.9587	0.70955	5
Q92537	2.243×10^1	5.101×10^2	0.1272	0.70651	7
Q92539	2.771×10^1	3.755×10^2	0.2135	0.70685	6
Q92540	8.990	4.959×10^2	0.5249×10^{-1}	0.70607	8
Q92541	3.209×10^1	3.741×10^2	0.2481	0.70691	1

Q92535和1个变质基性火山岩样品Q92539组成 t_{DM} 为 $1394 \pm 152 (\sigma)$ Ma; 另一组由5个变质基性火山岩样品 Q92536、Q92537、Q92538、Q92540、Q92541 组成 $t_{\text{DM}} = 2043 \pm 69 (\sigma)$ 。

(2) 变质火山岩样品Rb-Sr年龄

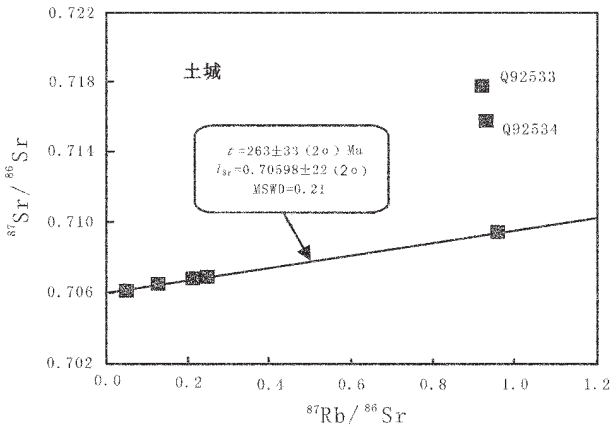


图7 房县土城武当群变质火山岩样品Rb-Sr等时年龄
Fig. 7 Rb-Sr isochron ages of metavolcanic rock samples of the Wudang Group from Tucheng, Fangxian County

采自房县土城四颗树的武当群变质火山岩7个样品被用于Rb-Sr年龄测定。分析结果见表9。由Rb-Sr等时图(图7)可以看出,除样品Q92533, Q92534外,其余5个样品形成一条好的等时线。等时年龄 $t = 263 \pm 33 (2\sigma)$ Ma, $I_{\text{Sr}} = 0.70598 \pm 22 (2\sigma)$, MSWD 0.21。这个年龄很明显是武当群变质火山岩遭受变质作用Sr同位素系统再置时间。变质酸性火山岩样品Q92533, Q92534相对其他样品Rb含量类似, Sr含量低(表9),遭受同样变质作用,为什么偏离等时线,其原因不太清楚。

4 讨论

4.1 武当群变质火山岩原岩形成年龄

武当群的形成年龄长期争论。同位素年代学方法所获得的年代学结果也十分分散。就已获得的锆石U-Pb年龄结果看,有2442 Ma和2417 Ma的结果,也有变质酸性火山岩形成于1304 Ma和1044 Ma的报道,及(1967 ± 3) Ma的颗粒锆石U-Pb年龄^[1]。从本文所获得的年龄结果看,采自不同地点不同层位武当群

变质火山岩样品的年龄结果也相当分散。有以下特点：

(1) 不同地点不同层位武当群变质火山岩样品具有不同Nd模式年龄

Nd模式年龄 t_{DM} 代表岩石组成物质由亏损地幔源区分离到现在时间^[4]。采自十堰北武当群下部层位的10个变质火山岩样品的Nd模式年龄 t_{DM} ，除变质酸性火山岩样品Q92501为1566 Ma外，其余9个变质火山岩样品的 t_{DM} 都相当接近，为1913~1984 Ma，平均值 $1945 \pm 25(\sigma)$ Ma。采自武当山太子坡的10个武当群上部层位的变质火山岩样品的 t_{DM} 值分散，为1332~1742 Ma，平均值 $1520 \pm 138(\sigma)$ Ma。采自房县土城武当群下部层位的9个变质火山岩样品的 t_{DM} 值

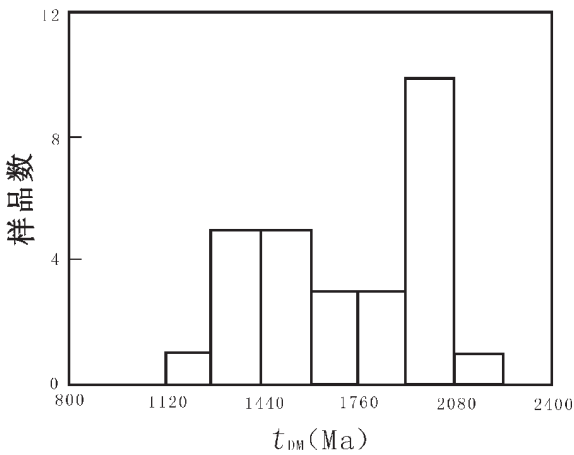


图8 武当群变质火山岩样品Nd模式年龄 t_{DM} 统计直方图
Fig. 8 Nd model age t_{DM} statistical histogram of metavolcanic rock samples of the Wudang Group

为1175~2162 Ma，也相当分散，平均值 $1754 \pm 342(\sigma)$ Ma。3个地点29个武当群变质火山岩样品 t_{DM} 变化范围为1175~2162 Ma，并且存在两个峰值(图8)。一个峰值约为1440 Ma，另一个峰值为2000 Ma左右。

(2) 不同年代学方法所获得的年龄结果分散，最老年龄值为1927 Ma。

不同年代学方法对不同地点不同层位武当群变质火山岩样品所测定的年龄结果表明，最大年龄值由Sm-Nd等时线法获得，等时年龄值为 (1927 ± 75) Ma。等时年龄值和模式年龄值 (1945 ± 25) Ma在误差范围内一致。房县土城武当群变质火山岩存在两组Nd模式年龄，一组 t_{DM} 为1946~2162 Ma，5个样品平均值 $2043 \pm 69(\sigma)$ Ma，若用十堰北变质火山岩样

品 I_{Nd} 值(0.510433)作为初始值计算，样品年龄1866~1927 Ma，平均值 $1896 \pm 19(\sigma)$ Ma。其年龄值和十堰北武当群变质火山岩样品Sm-Nd等时年龄值在误差范围内一致。

武当山太子坡变质火山岩Nd模式 t_{DM} 变化范围大，为1332~1742 Ma，显示受地壳物质混染特征。房县土城变质火山岩样品Q92533~Q92535，Q92539Nd模式年龄 t_{DM} 变化也大，为1597~1175 Ma，也显示地壳物质混染特征，并且它们与太子坡变质火山岩样品 $t_{DM}-1/Nd$ 关系类似(图9)。十堰北样品Q92501也显示相同特征(图9)。这表明该类变质火山岩原岩的形成年龄应该 ≤ 1175 Ma。由前面得出的年龄结果还可以注意到，太子坡变质火山岩样品Rb-Sr同位素系统在 (871 ± 68) Ma左右遭受过后期变质作用改造，Sr同位素均一化，整个Rb-Sr同位素系统被完全再置。表明变质火山岩原岩形成时间应该大于 (871 ± 68) Ma。由此可以看出，变质火山岩原岩形成时间应该介于1175~871 Ma之间。在871 Ma时， $I_{Sr}=0.70429 \pm 58$ 。 I_{Sr} 值很低，岩石形成后不是太久就遭受了变质作用改造。事实上，由混合地壳物质较少、Nd模式年龄 t_{DM} 较低的样品Q92514、Q92517~Q92520计算的等时年龄为 (1251 ± 190) Ma。如果仅由Q92517、Q92518两个样品计算 $t \approx 1059$ Ma(图4)，岩石形成年龄和耀岭河群、郧西群变质火山岩原

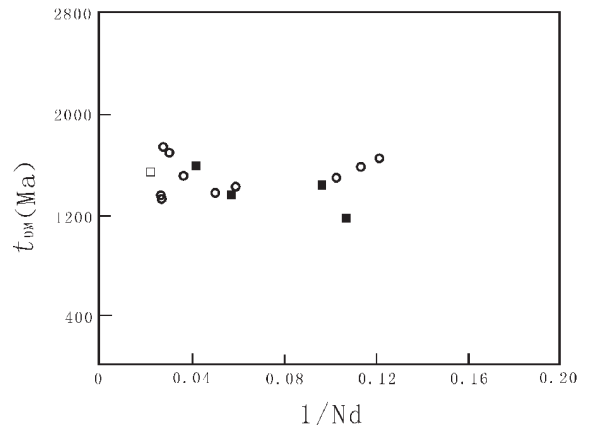


图9 武当山太子坡，房县土城和十堰北部分变质火山岩样品 $t_{DM}-1/Nd$ 图

Fig. 9 $t_{DM}-1/Nd$ diagram of metavolcanic rock samples from Taizipo of Wutang Mountain, Tucheng of Fangxian County and north of Shiyang
○—太子坡变质火山岩；□—十堰北变质火山岩(Q92501)
■—房县土城变质火山岩(Q92533~Q92535, Q92539)

岩形成时间1 010~1 019 Ma^[5]接近。

(3) 武当群变质火山岩样品 $t=1\ 927\text{Ma}$ 时的 ϵ_{Nd} 值接近相应时间MORB的 ϵ_{Nd} 值

十堰北武当群变质火山岩样品在1 927 Ma时, $I_{\text{Nd}}=0.510\ 433$ 。相应时间 ϵ_{Nd} 值为+5.7。若假定现代MORB $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}=0.213\ 7$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.513\ 15$ ^[6], 可以计算, 1 927 Ma时 $\epsilon_{\text{Nd}}=+5.8$ 。

由上述武当群变质火山岩年代学结果特点可以看出, 武当群是十分复杂的, 可能由不同时代形成的火山岩及沉积岩构成。部分变质火山岩类似于耀岭河群和郧西群变质火山岩。如果把这部分变质火山岩剥去, 武当群的真正形成年龄可能为(1 927±75) Ma左右。这个年龄与天津地矿所获得的单锆石U-Pb年龄(1 967±3) Ma在误差范围内一致。

4.2 武当群变质火山岩遭受变质作用期次和时间

武当群变质火山岩原岩自1 927 Ma形成后, 至少遭受过3期变质作用或热事件。

第一期变质作用发生在晋宁期, 时间(871±68) Ma左右。该期变质作用使火山岩Rb-Sr同位素系统发生再置。

第二期变质作用发生在海西期, 时间(300±12) Ma左右。

第三期变质事件发生在晚海西-印支期。房县土城武当群变质火山岩全岩Rb-Sr等时年龄(263±33) Ma。

区域上, 武当穹隆中心在晋宁期后遭受变质作用弱。由北向南, 晚海西期-印支期变质作用加强, 到房县土城, 变质火山岩全岩Rb-Sr系统被完全再置。

4.3 太子坡变质火山岩和耀岭河群、郧西群变质火山岩比较

按岩性和化学组成, 武当山太子坡、房县土城Q92533~Q92535, Q92539和十堰北Q92501变质火山岩样品和十堰北和房县土城大多数变质火山岩样品没有大的不同。但是, 同位素组成上, 差别明显:

(1) 两类变质火山岩具有不同Nd模式年龄。太子坡类变质火山岩样品Nd模式年龄 t_{DM} 明显比十堰北变质火山岩样品低(图10)。前者15个样品Nd模式年龄 t_{DM} 平均值为 $1\ 489\pm 149(\sigma)\text{Ma}$, 后者14个样品平均值 $1\ 979\pm 62(\sigma)\text{Ma}$;

(2) 太子坡类变质火山岩样品有不同程度老地壳物混入, 十堰北变质火山岩样品不明显。

太子坡类变质火山岩原岩形成时间和耀岭河群、

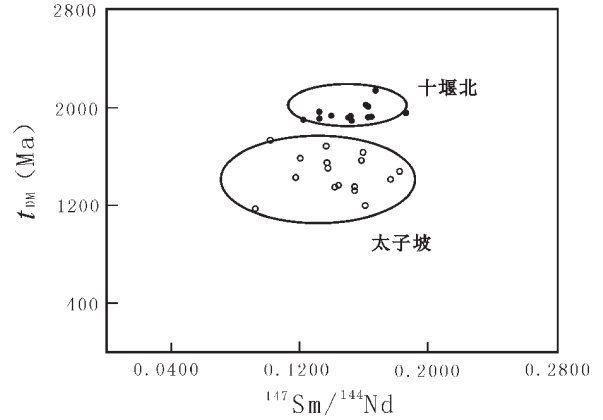


图10 武当山太子坡和十堰北变质火山岩样品Nd模式年龄 t_{DM} — $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 图

Fig. 10 t_{DM} — $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ diagram of metavolcanic rock samples of the Wudang Group from Taizipo of Wutang Mountain and north of Shiyan. 太子坡范围包括太子坡、房县土城变质火山岩样品(Q92533~Q92535, Q92539)和十堰北样品(Q92501); 十堰北范围包括十堰北的样品(Q92488~Q92499)和房县土城的样品(Q92536~Q92538, Q92540, Q92545)

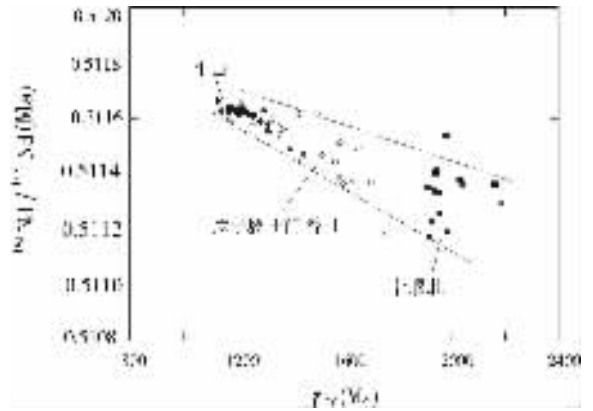


图11 太子坡、土门、十堰北变质火山岩样品 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}(1\ 016\text{Ma})$ — t_{DM} 图

Fig. 11 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ — t_{DM} diagram of metavolcanic rock samples from Taizipo, Tumen and north of Shiyan. ●—安康牛山耀岭河群、郧西群变质火山岩样品; △—郧西县土门、香口镇耀岭河、郧西群变质火山岩样品; ○—武当山太子坡变质火山岩样品; ■—十堰北变质火山岩样品

郧西群变质火山岩原岩形成时间类似(见前面讨论), 同位素组成上也显示出亲缘性。图11表示出了陕西省安康市牛山、湖北省郧西县土城、香口镇耀岭河群、郧西群变质火山岩样品(数据另文发表)和武当山太子坡类变质火山岩样品 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}(1\ 016\text{Ma})$ — t_{DM} 关系。为了比较, 图中也表示出了十堰北变质火山岩样品的

位置。可以看出,太子坡与土门、香口镇耀岭河群、郧西群变质火山岩样品处于同一范围,并位于牛山耀岭河群、郧西群变质火山岩和十堰北变质火山岩之间。这表明,太子坡、土门、香口镇变质火山岩Nd同位素组成类似。它们可能是类似牛山火山岩浆不同程度混入十堰北变质火山岩物质结果。

5 结 论

由上述年龄结果和讨论可以得出如下结论:

(1) 武当群组成十分复杂,由于耀岭河群、郧西群形成时岩浆对武当群岩石的穿切、融化、喷发、掩盖等复杂地质作用,使原划武当群显得十分复杂,有的地方由一类岩石组成,有的地方几个群的岩石都存在。由于变质作用彼此界限模糊,再加上武当群、耀岭河群和郧西群变质火山岩岩性、化学组成的类似性,宏观不易辨认。由此所获得的同位素年龄数据也分布在大的范围内。野外地层划分则更困难。但是,如果从微观Nd同位素研究入手可能会收到好的

效果。

(2) 武当群遭受过3期强烈变质作用或热事件。第一期变质作用发生在871Ma左右的晋宁期,第二期发生在约300Ma的海西期,第三期发生在263Ma左右的晚海西—印支期。由北向南,晚海西—印支期变质作用强度增加。

参考文献:

- [1] 刘国惠,张寿广,游振东,等.秦岭造山带主要变质岩群及变质演化[M]北京:地质出版社,1993.
- [2] 湖北省地质矿产局.湖北省区域地质志[M]北京:地质出版社,1990.
- [3] 张宗清,刘敦一,付国民.北秦岭变质地层同位素年代研究[M]北京:地质出版社,1994.
- [4] Depaolo D J. Neodymium isotopic geochemistry[M] Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1988.
- [5] 张宗清.南秦岭变质地层同位素年龄研究取得重大进展[J]地质研究,1994,第27号,122.
- [6] 江博明.太古代岩石的定年—方法学局限性的讨论[J]地球化学,1989(2):103~120.

The age of metamorphic rocks of the Wudang Group

ZHANG Zong-qing¹, ZHANG Guo-wei², TANG Suo-han¹, WANG Jin-hui¹

(1. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037;

2. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi, China)

Abstract: There have long been disputes about the age of the Wudang Group exposed in northwestern Hubei. This paper reports the results of Sm-Nd and Rb-Sr dating of samples of metavolcanic rocks of the Wudang Group from north of Shiyan City, Taizipo of Wudang Mountain and Tucheng of Fangxian County. The former Wudang Group consists of rocks of two parts of metavolcanic different ages. The protolith of one part of metavolcanic rocks originated at ~1 972 Ma and the materials of the volcanic rocks were derived from an area similar to the MORB mantle source area. During rock formation no significant contamination with crustal material occurred; so they are the real Wudang Group. The age of the protolith of the other part is 1 175–871 Ma, similar to that of the protoliths of metavolcanic rocks of the Yaolinghe and Yunxi Groups, and their isotopic compositions also show that this part of rock has an affinity to the latter. In the study of the stratigraphic age in an area with complex geological processes, good results may be obtained if we start with microscopic Nd isotope study.

Key words: age; Wudang Group