

中条山变质岩系的层序和年代讨论

徐朝雷 徐有华 张忻

(山西省地矿局区调队)

摘要 涑水杂岩的归属和宋家山群的地层对比是中条山区变质岩系的两大基本问题。经野外对各套岩系的变形变质期次、接触关系性质的重新认识,初步查明涑水杂岩是绛县运动及其后热事件的产物;宋家山群可能比绛县群更老,或两者为同期异相。将各套岩系中的不同样品按不同测试方法、地质背景、测年数据进行对比后,得出担山石群、中条山群、绛县群/宋家山群、虎坪杂岩 5 套岩系的年龄上限依次为 1.85Ga、2.0Ga、2.5Ga、2.8Ga。

1992 年,孙大中等同志发表了《中条山前寒武纪年代学、年代格架和年代地壳模式的研究》(后简称《中条山年代》)的论文^①,提供了一批系统的高精度的测年数据。结合我们近年来多次在中条山野外观察,仅就中条山变质岩系的层序与地质年代问题发表粗浅的看法,与孙大中同志作一商榷。

1 中条山变质岩系的基本层序

中条山区前长城系的变质地层,自上而下为担山石群、中条群、绛县群,因已有确切的不整合沉积接触关系而得到地质界的公认。涑水杂岩是否老于绛县群,东侧的宋家山群与中条群、绛县群是什么关系,这两个问题至今仍有不同认识,本文主要论述我们对此问题的意见。

1.1 涑水杂岩不是绛县群的结晶基底

认为涑水杂岩老于绛县群的主要地质依据是:绛县群不整合在涑水杂岩之上,涑水杂岩变质深、混合岩化强烈,岩性面貌复杂且变化剧烈^②。绛县群以底部平头岭石英岩不整合在涑水杂岩之上,这是两者不整合关系的主要地点。经我们多次野外复查,横岭关村北平头岭山梁的西侧,平头岭石英岩与横岭关片麻岩之间有 0.5~2m 厚的绢英片岩,实系糜棱岩而非古风化壳;东侧片麻岩已吞蚀了石英岩,两者间仍有 1~2m 厚的糜棱岩相隔,村南侧横岭关片麻岩侵入平头岭石英岩的现象更清楚(图 1)。平头岭石英岩下部出现稀疏的成分较单一的小砾石,这种层间砾岩同样在铜矿峪亚群底部的后山石英岩中出现,不能证明它一定是底砾岩。因此平头岭不整合实系对片麻岩侵入之后又叠加了动力变质现象的误认。

平面上平头岭石英岩压盖在其西侧涑水杂岩不同岩层上,这是两者间不整合的又一依据。新一轮泗交测区 1:5 万填图已查明,这个切层的“不整合面”,实际是区域性大规模的韧性剪切带^①。还发现原定胡家峪背斜中的涑水杂岩——北峪片麻岩^②,亦是侵位于绛县群铜矿峪组中的侵入体;野

① 山西 214 队区调分队,1:50000 泗交测区地质报告。

② 山西区调队,1:200000 三门峡幅地质报告。

庙滩一带中条群的大理岩亦被原认为涑水杂岩的花岗质岩石所侵入^①。因此区域性资料亦不能证明涑水杂岩是老于绛县群的。

涑水杂岩的变质程度比绛县群高,并含大量不同时期侵入的片麻岩、斜长角闪岩,又有绛县群、中条群的残体,导致宏观面貌远比绛县群复杂。但中条山的变质图显示,绛县群与涑水杂岩之间变质相带是连续的,既无缺失又无切带现象,而均呈渐变过渡关系^[3]。1992年在野外查明涑水杂岩与绛县群变形变质期次是相等的,都经历了早期两次 α 褶皱和晚期一次 β 褶皱^[4],都具有三期片理。

涑水杂岩至今尚无确切的地质依据可证明它是老于绛县群的结晶基底。中条山西部涑水杂岩中有不少磁铁石英岩、钠质变火山岩及大理岩残体,这些岩性可能与宋家山群相当,是绛县群所不具有的。

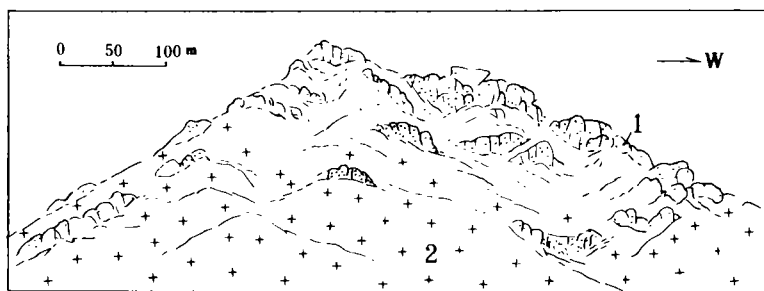


图1 绛县平头岭石英岩与横岭关片麻岩接触关系素描图

Fig. 1 Contact relationships between quartzite of Pingtoulingshan and gneiss of Henglingguan in Jiangxian county

1—平头岭石英岩;2—横岭关片麻岩

1.2 宋家山群与绛县群关系对比

垣曲县同善镇以北有一面积 40km^2 的变质岩系(图2),70年代三门峡幅(1:20万)将其分别划归中条群、绛县群及涑水群,80年代初我们将其改归宋家山群与虎坪群,并认为前者与中条群相当,后者老于绛县群^②。1992年经检查,将虎坪群改为虎坪杂岩,维持它是中条山群最老的变质岩系。

宋家山群总厚4500m,沉积岩占85%,由石英岩、片岩与含迭层石大理岩构成,这些特征与中条群一致。但下部岩系中出现泥裂、石盐假晶,上部岩系出现条带状磁铁石英岩,这是中条群所没有的。宋家山群共有四个层位的火山岩,占地层总厚35%,此特征与绛县群相似。但火山岩均为富钠的, Na_2O 为3.36%, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 小于0.29;而绛县群火山岩都富钾, K_2O 为5.7%, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 达17.2;宋家山群火山岩几乎全为基性火山岩,而绛县群却有一半酸性火山岩,呈明显的双峰式火山机制。上述特点使宋家山群既无法与中条群对比又无法与绛县群对比。

由于宋家山群既未与绛县群又未与中条群直接接触,它们的关系只能凭地质推测。野外观察查明,宋家山群经历2期 α 褶皱与一期 β 褶皱,共有三期片理,其变形变质期次与绛县群一致。从这点考虑,它可能与绛县群相当,两者是同时异相及异地关系,即两者可能是处于不同的大地构造环境

① 山西214区调分队,1:50000 涑交测区地质报告。

② 徐朝雷,1980,中条山同善天窗前震旦系问题。山西地质科技,第3期。

(古地理环境)下同时形成的。绛县群地层格局展示西老而东新,与绛县群毗连的西侧涑水杂岩中,西部出现宋家山群的地层残片,由此似乎可以推断宋家山群应老于绛县群,但它们的变形变质历史一致说明即使存在上下关系,两者间亦无剧烈的褶皱变动。

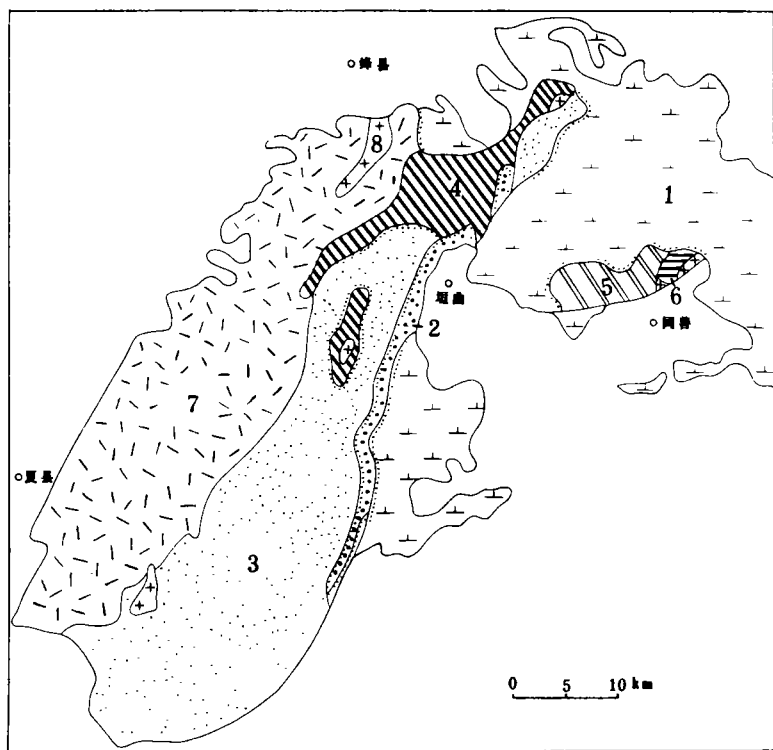


图2 中条山区变质岩系分布略图

Fig. 2 The distribution of metamorphic rock series in the Zhongtiao Mountains area

1—西阳河群火山岩;2—担山石群;3—中条群;4—绛县群;5—宋家山群;6—虎坪杂岩;7—涑水杂岩;8—变花岗质岩

不整合在宋家山群之下的虎坪杂岩,以各种片麻岩为主,夹有磁铁石英岩、钠质火山岩的残体。在虎坪村北的宋家山群底砾岩中出现各类片麻岩。虎坪杂岩共经历了三期 α 褶皱与一次 β 褶皱的历史都证明,虎坪杂岩老于宋家山群。虽然杂岩中也有中晚期岩体侵位到宋家山群,但并不影响它们之间的沉积不整合关系。

2 中条山变质岩系的地质年代讨论

本文将中条山区所有较可靠的测年数据分成8个年龄组^{[5][6][7]}^①,然后按样品所代表的地质体形成顺序分为四个栏,每个栏中对测年数值进一步划分成岩石结晶年龄,成岩前先成年龄与成岩后的变质年龄,同时标明其测试方法与对象。从表1中我们可全面了解当某套岩系生成时其下伏岩系有什么反映,并可看出每套岩系的基本地质经历,还反映各种不同测年方法的测年数值之间的关系。

① 山西214队区调分队,1:50000 涑交测区地质报告。

表 1 中条山区前长城系变质岩系同位素测年数据对照表(单位 Ma)
Table 1 Comparison of isotope age data of metamorphic rock
series of the former Changcheng System in the Zhongtiao Mountains area

样 品 意 义	年 龄 分 组	<1.8Ga	1.8Ga	2.0Ga	2.1~2.2Ga	2.3Ga	2.5Ga	2.8Ga	3.0Ga
末 变 质	西阳河群火山岩	C 1635(Rb/Sr)	A 1829(常/u) A 1826(单/u) A 1840(单/离) A 1881(常/u)	B 2022(单/u) B 2089(单/离)	B 2164(单/u)	B 2338(单/u)	B 2511(单/离) B 2449(单/u)		B 3110(模式)
两 期 变 形 变 质	侵入中条群红瓦厦花岗岩				A 2104(单/Pb) A 2176(单/u) A 2143(单/u) A 2216(Sm/Nd)		B 2453(单/u) B 2550(模式) B 2620(模式)		
三 期 变 形 变 质	中条群火山凝灰岩			C 2059(单/u) C 2088(Rb/Sr)					
三 期 变 形 变 质	中条群晶质铀矿变质地层		C 1834(U/u) C 1832(Rb/Sr)						
三 期 变 形 变 质	绛县群变火山岩	C 1778(Rb/Sr) C 1562(Pb/Pb)			C 2166(单/u) C 2145(单/u) C 2139(单/Pb) C 2231(单/Pb) C 2115(常/离) C 2182(常/u)*	C 2316(单/pb) C 2335(单/u) C 2393(Rb/Sr)		A 2770(单/离) A 2744(单/Pb) A 2768(单/Pb) A 2612(模式) A 2758(模式) A 2724(模式) A 2705(模式) A 2807(模式) A 2833(模式)	B 2900(模式) B 3030(模式)
三 期 变 形 变 质	宋家山群变火山岩					C 2394(Rb/Sr)		A 2736(单/u) A 2764(单/u)	B 3040(模式)
变 质	侵入宋家山群片麻岩						A 2534(单/u) A 2485(单/u)		
变 质	冷水						C 2436(单/u) C 2508(单/u) C 2460(单/u) C 2590(单/u) C 2440(Rb/Sr) C 2497(Sm/Nd) C 2521(常/u)	A 2780(模式) A 2650(模式)	
变 质	冷口变火山岩					C 2360(单/u) C 2349(单/u) C 2321(单/u) C 2330(单/离)			
变 质	侵入绛县群北岭岩体 侵入绛县群横岭关岩体 侵入绛县群变石英斑岩 泗交片麻岩 南师庄片麻岩 西河峪片麻岩				C 2107(Rb/Sr) A 2231(常/u) A 2195(常/u) A 2176(常/u) A 2121(常/u)			A 2459(常/u) A 2568(常/u)	
变 质	烟庄片麻岩		A 1888(常/u)						

备注:A—岩石结晶年龄;B—成岩前成岩年龄;C—成岩后变质年龄;(常/u)—常规锆石 U/Pb 年龄;(单/u)—颗粒锆石 U/Pb 年龄;(单/离)—颗粒锆石离子探针质谱年龄;(Sm/Nd)—Sm/Nd 模式年龄;(Rb/Sr)—Rb/Sr 等时年龄;(U/u)—铀矿 U/Pb 年龄;*—怀疑此样品为糜棱岩而非火
山晶屑凝灰岩

2.1 各种测年数值的比较

常规锆石由于混染了不同时期不同地质作用晶出的锆石,因此所得年龄为混合年龄^[1],常偏大偏小。西阳河群未变质的火山岩中常规锆石与单颗锆石年龄相比,偏差极小,仅 0.13%。虽然其中混入了 2022—2511Ma 不同时期晶出的锆石,但含量极低,不足以影响火山岩结晶年龄。

宋家山群和绛县群的火山岩中常规锆石与单颗锆石大部分年龄相近似,均在 2.5Ga 区间,其偏差在 0.0%~3.3%之间。虽然火山岩中均出现大于和小于 2.5Ga 的不同时期的锆石,仍未使常规锆石年龄出现较大的偏差。冷口变火山岩亦反映两者的一致性。

上述分析说明,即使是富钾的长英质火山岩熔点低于锆石熔点^[1],岩石中也未出现全是原生锆石而不见新生锆石的情况。因此,常规锆石的测年数值是可信的,与颗粒锆石测年值相比,偏差很小。

表 1 显示,各时代岩系中 Rb/Sr 等时线年龄的数值均为最小值,表明 Rb/Sr 等时线年龄最易受热扰动的影响,往往只反映晚期热事件信息。因此我们可将它看作该岩系最小上限年龄。Sm/Nd 等时线年龄通常与多数单颗锆石年龄一致,也与常规锆石 U/Pb 年龄一致。因此我们认为,Sm/Nd 等时线年龄数值与锆石年龄相比并不偏大,基本反映区域内该岩系所受最强烈一次热事件的年龄,而从不反映成岩前先存热事件的信息。只有 Sm/Nd 模式年龄,通常反映岩石形成前地幔中分异的时限。

2.2 中条山区各变质岩系地质时代讨论

由浅变质粗碎屑岩构成的担山石群,没有合适的年龄测试对象,上限只能依靠不整合在其上未变质的西阳河群火山岩来确定。这样,1.85Ga 可作为担山石群的上限。与此对应,下伏中条群发生第二次变质事件,涑水杂岩中有烟庄变质钾长花岗岩侵入,中条群有未变质的红瓦厦黑云花岗岩侵入。

中条群篦子沟组全岩的 Rb/Sr 年龄,反映了中条群首次变质年限;火山岩的 Sm/Nd 等时线年龄反映了火山岩的结晶年龄。因此 2.0—2.3Ga 是中条群的上下时限。

在中条群喷发火山岩的同时,下伏绛县群发生了强烈的热事件,晶出大量新生锆石;更深层次的涑水杂岩中有横岭关岩体、南师庄岩体和西河峪岩体的侵入。绛县群被 2.5Ga 北峪片麻岩所侵入,因此 2.5Ga 那次强烈热事件是绛县群形成后首次区域变质事件。此时晶出的锆石量远远超过绛县群火山岩结晶的锆石,所以无论常规锆石或单颗锆石均出现 2.5Ga 年龄值。本次热作用还使绛县群 Sm/Nd 体系高度均一化,因而出现 2.5Ga 的 Sm/Nd 等时线年龄。深部涑水杂岩中形成泗交(北)片麻岩。

绛县群既然在 2.5Ga 发生变质,其成岩年龄一定早于此数值。我们认为 2.8Ga 那组颗粒锆石年龄应是绛县群火山岩的结晶年龄,近似地可作为其下限。

宋家山群火山岩被 2.5Ga 的片麻岩所侵入,由此判断宋家山群 2.5Ga 那组颗粒锆石和 Sm/Nd 等时线年龄均在此时形成。宋家山群年龄的下限,由火山岩中 2.8Ga 那组锆石年龄所反映。

3 结论

中条山区变质岩系几经厘定,我们排列了担山石群、中条群、绛县群/宋家山群、虎坪杂岩这一由上至下的顺序。涑水杂岩是由包容了宋家山群、绛县群和中条群残留体的多种片麻岩所组成,其形成晚于绛县群/宋家山群。

对中条山变质岩系各种方法获得的测年值按地质体形成顺序分组排列后,可看出常规锆石与

单颗锆石及 Sm/Nd 等时线年龄具良好的一致性。在划分的 8 个年龄组中,1.8Ga 为中条运动二幕,代表担山石群的上限;2.0Ga 为中条运动一幕,代表了中条群的第一次变质,寓示着担山石群沉积的开始;2.2Ga 为中条群下部火山喷发时限,2.3Ga 为绛县运动二幕的时限,反映中条群沉积的开始;2.5Ga 为绛县运动一幕的时限,寓示着绛县群沉积的结束,故绛县群沉积结束到中条群沉积开始之间有 200Ma 的沉积间断;宋家山群与绛县群经历相同,它们均在 2.8Ga 开始沉积;3.0Ga 是本区地壳最早活动的记录,可能是虎坪火山岩喷发的开始。本区缺乏担山石群和虎坪杂岩测年资料,十分遗憾。

对向本文提供测年数据和共同讨论的专家孙大中、吕玉祥、薛克勤、李惠民深表感谢。

4 参考文献

- 〔1〕 孙大中等,1991,中条山前寒武纪年代学、年代构造格架和年代地壳结构模式的研究。地质学报,第 65 卷,第 3 期。
- 〔2〕 山西省地层表编写组,1979,华北区域地层表山西分册(2)。地质出版社,P.177—194。
- 〔3〕 山西省地矿局,1989,山西区域地质志。地质出版社。
- 〔4〕 徐朝雷,1990,中浅变质岩区填图方法。山西科学教育出版社,P.38—39。
- 〔5〕 陶铨,1985,中条山地区前寒武纪地层的时代。中国地质科学院天津地质矿产所所刊,第 12 期。
- 〔6〕 孙大中,1990,前寒武纪地质年代学问题探讨。中国区域地质,第 4 期。
- 〔7〕 孙海田等,1990,中条山地区前寒武纪地层同位素年龄及其意义。中国区域地质,第 3 期。

THE SEQUENCE AND AGE OF THE ZHONGTIAOSHAN METAMORPHIC ROCK SERIES

Xu Chaolei, Xu Youhua and Zhang Xin

Abstract

The assignment of the Sushui complex and stratigraphic correlation of the Songjiashan Group are two basic problems on the metamorphic rock series in the Zhongtiao Mountains. Proceeding from a new understanding of the phases of deformation-metamorphism and nature of contact relationships of various rock series through field surveys, it has been ascertained preliminarily that the Sushui complex is the product of the Jiangxian movement and its subsequent thermal event and that the Songjiashan Group might be older than the Jiangxian Group or both might be synchronous but heteropic. Comparison of different samples from various rock series in terms of different measuring means, geological settings and age data suggests that the upper limits of the ages of the Danshanshi Group, Zhongtiaoshan Group, Jiangxian Group/Songjiashan Group and Huping Group are 1.5, 2.0, 2.5 and 2.8 Ga respectively.