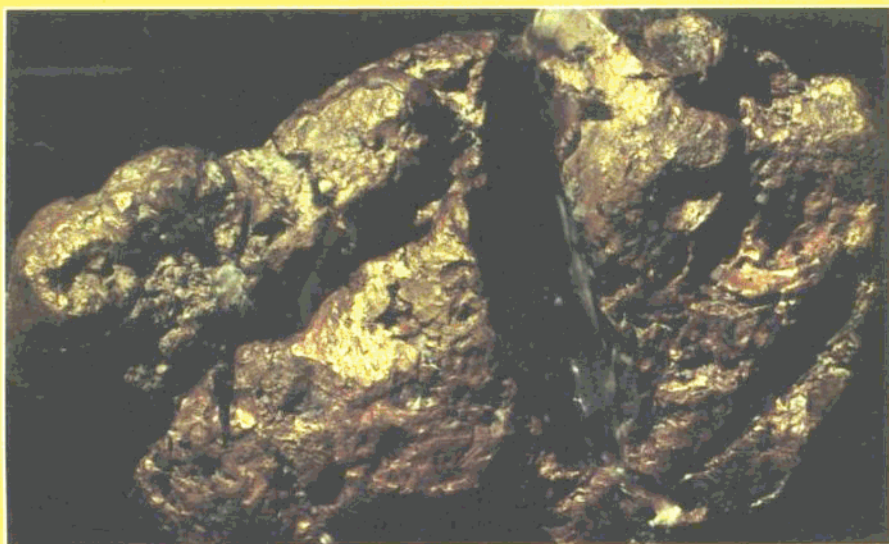


沈阳地质矿产研究所编

# 中国金矿主要类型 区域成矿条件文集

## 3. 豫陕小秦岭地区



地 质 出 版 社

鄭州地質研究所

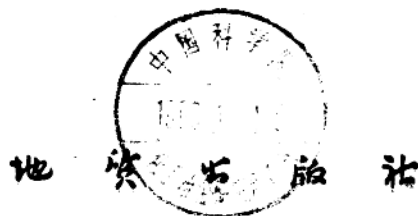
16112  
23  
3

# 中国金矿主要类型区域 成矿条件文集

## 3. 豫陕小秦岭地区

沈阳地质矿产研究所 编

16112



## 内 容 提 要

“中国金矿主要类型区域成矿条件”科研成果按地质专报和文集两个系列陆续出版。文集共包括6辑；第1辑为黑龙江地区；第2辑为冀东地区；第3辑为豫陕小秦岭地区；第4辑为辽南地区；第5辑为胶东地区；第6辑为黔西南地区。

本辑由3篇文章组成。文中论述了豫陕小秦岭地区太古代主要含金地层地质特征、矿田和矿床地质特征，并对区内金的成矿地质作用、成矿物理-化学条件、矿化富集规律、成矿物质来源、成矿时代和成矿模式做了探讨，指出了金矿脉体评价标志和找矿方向。

本书可供从事金矿地质工作的生产、科研及教学等人员参考。

### 中国金矿主要类型区域成矿条件文集

#### 3. 豫陕小秦岭地区

沈阳地质矿产研究所 编

责任编辑：杨广华

地质出版社出版发行

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

开本：787×1092<sup>1/16</sup> 印张：9.5字数：225,000

1989年1月北京第一版·1989年1月北京第一次印刷

印数：1—1740册 定价：4.40元

ISBN 7-116-00 353-3/P. 304

# 目 录

<b>豫陕小秦岭地区太古代主要含金地层地质特征研究</b> .....林宝钦 陶铁铺 李广远 柏青 张哲 (1)	
一、地层..... (1)	(1)
二、太华群微量元素与常量元素数学地质特征..... (10)	(10)
三、岩石..... (17)	(17)
四、构造..... (24)	(24)
五、变质作用..... (25)	(25)
六、金矿床的某些地质特征..... (30)	(30)
七、矿床成因探讨..... (33)	(33)
参考文献..... (39)	(39)
图版说明..... (40)	(40)
英文摘要..... (43)	(43)
<b>河南小秦岭金矿主要控矿条件及盲矿预测</b> .....王定国 张宏儒 华西霞 李克寒 吴启明 盛荣光 (47)	
一、矿田基本地质特征及主要控矿条件..... (47)	(47)
二、金矿成矿的物理-化学条件 ..... (73)	(73)
三、金的成矿地质作用及矿床成因..... (76)	(76)
四、成矿预测..... (80)	(80)
五、结论..... (82)	(82)
参考文献..... (83)	(83)
英文摘要..... (84)	(84)
<b>陕西小秦岭金矿控矿条件及脉体评价标志</b> .....晁援 卫旭辰 (87)	
一、区域控矿地质条件..... (87)	(87)
二、小秦岭金矿的脉体评价标志..... (99)	(99)
三、矿床成矿模式及成因类型..... (121)	(121)
四、找矿方向..... (138)	(138)
参考文献..... (140)	(140)
英文摘要..... (141)	(141)

# 豫陕小秦岭地区太古代主要 含金地层地质特征研究

林宝钦 陶铁镛 李广远 柏青 张哲

(沈阳地质矿产研究所)

**内容提要** 本文为“六五”金矿科技攻关成果之一，主要是对小秦岭地区主要含金地层的地质特征进行研究。文中提出太华群应该两分，属晚太古代。太华群下亚群为由灰色的奥长花岗岩质片麻岩、英云闪长岩质片麻岩、花岗闪长岩质片麻岩和暗色角闪岩组成的双峰式岩套；太华群上亚群为具孔兹岩特征的变质沉积岩。本区金矿主要与下亚群关系密切。通过构造、变质作用、矿床、同位素地质以及数学地质等方面的研究，认为太华群两分是正确的，并进一步揭示了本区的成矿地质特征，提出本区多数矿床属层控的变质热液类型，并可与国内外相似类型的矿床进行对比。本区有较好的成矿远景。

## 一、地 层

本区出露的地层主要为太华群，我们将它划归为上太古界 (*Ar<sub>3</sub>tb*)。其次在西南部出露有蓟县系高山河组，其岩性以石英岩、砾岩为主，夹有千枚岩和碳酸盐岩；第三系碎屑岩、泥灰岩和泥质岩零星分布；第四系松散碎屑沉积物分布在本区两侧及河谷中。

### (一) 太华群划分方案

前人对该区地层做了许多工作，各家对地层划分的主要方案如表1。

产生不同方案的主要原因是由于对区域构造格架与地质特征有不同认识。我们在前人工作的基础上，通过进一步研究提出了新的划分意见(表2)并编制了小秦岭地区地质图(图1)。

我们方案的突出特点是将太华群两分，其主要依据：

1. 太华群上、下亚群是由明显不同两套岩石构成的。下亚群称为阎家峪双峰式岩套(相当于原来划分的阎家峪组或大月坪组)，其主要岩石类型有斜长角闪岩和灰色石英长石片麻岩。前者原岩为拉斑玄武岩，后者原岩为侵入的TTG杂岩体<sup>①</sup>。斜长角闪岩多呈较大的透镜体或与灰色石英长石片麻岩互层。上亚群为具孔兹岩特征的一套变质沉积岩，主要岩石类型有石英岩、大理岩、含石墨变粒岩、磁铁石英岩、含石榴石砂线变粒岩、黑云变粒岩和麻粒岩。其原岩为各种类型沉积岩，部分为火山碎屑沉积岩。其特征矿物为铁铝榴石和砂线石。区域上两条重点工作的地质剖面如图2、3。

2. 太华群下亚群双峰式岩套和太华群上亚群观音堂组底部石英岩之间有一沉积间断。在枣香峪寺范沟林场附近河谷中见到观音堂组底部石英岩底面弯曲不平，并截断了阎家

① 指奥长花岗岩、英云闪长岩、花岗闪长岩杂岩体。

表 1 小秦岭地区太古界划分沿革

Table 1 A comparison between past divisions of Archean rocks in Xiaqingling District

陕西省地质矿产局秦岭区队 (1959年)		河南省地质矿产局地质研究所 (1962年)		河南省地质矿产局区队 (1968年)		陕西省地层编写小组 (1977年)		河南省地质矿产局区队符光宏 (1980年)		河南省地质矿产局区队一 (1982年)		陕西省地质矿产局地质大队 (1982年)		西北大学沈福农 (1983年)				
太古界太华群	上太华群	下太古界华山群	荡泽河组	太古界太华群	Arc	太古界太华群	上太华群	太古界太华群	推车峪组	上太古界太华群	抢马峪组	上太古界	上太华群	太古界太华群	大月坪组			
	下太华群		太华组		Arb		中太华群						观音堂组			中太华群	秦仓口组	板石山组
					Ara		下太华群						阎家峪组			下太华群	板石山组	
															秦仓口组			

表 2 豫陕小秦岭太华群岩石-地层表

Table 2 Lithologic sequence of Taihua Group in Xiaqingling of the Border area between Henan and Shaanxi Province

界	群	亚群	组	主要岩石类型	含矿情况
上太古界 (Ar <sub>3</sub> )	太华群 (Ar <sub>3</sub> H)	上亚群	秦仓口组 三关庙组	黑云变粒岩、浅粒岩、斜长角闪岩	含金
			洞沟组 (抢马峪组)	黑云角闪变粒岩、片麻岩、麻粒岩、浅粒岩	铁矿、含金
			观音堂组 (板石山组)	黑云变粒岩、片麻岩、白云石大理岩、石英岩、含榍砂线变粒岩、含石墨变粒岩、浅粒岩、斜长角闪岩	大理石矿 石墨矿 蛭石矿
		下亚群	阎家峪双峰式 岩套	石英长石片麻岩 斜长角闪岩	金矿 (主要含金层)

峪双峰式杂岩体斜长角闪岩的片理，(图版II-1)。现在我们见到的是经过变形-变质作用(D<sub>1</sub>-M<sub>1</sub>)，区域均一化之后，各种地质体在S<sub>1</sub>基础上统一起来的关系，它掩盖了不同地质体之间真正的接触关系。理论上讲太华群上亚群S<sub>1</sub>等于太华群下亚群S<sub>1</sub>，所谓“整合化效应”，并不代表太华群上下亚群原始的接触关系。相反，石英岩底面凹凸不平，以及它截断了斜长角闪岩片理，正是表明它们之间存在着重要的间断面。

### 3. 邻区对比

豫西、河南中部鲁山和舞阳等地与本区属于同一构造带，为中朝准地台南缘组成部分。在这些地区，太华群(登封群)出露范围较大。

张国伟等将鲁山-舞阳地区太华群划分为上下两个群(表3)。

张国伟等指出，下太华群主要岩石类型为英云闪长岩质片麻岩，并且与斜长角闪岩常

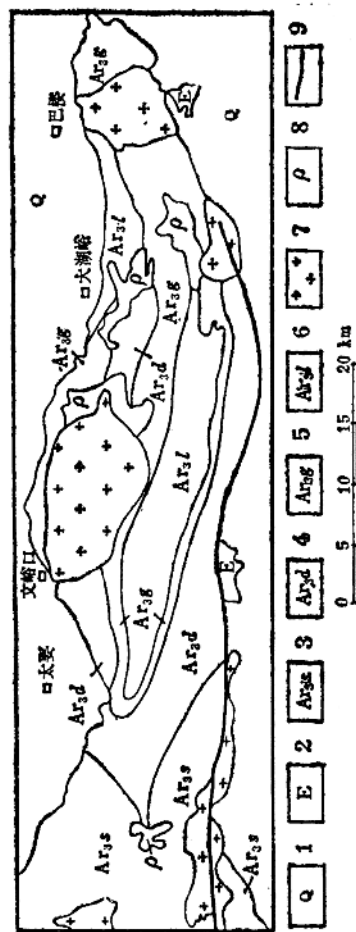


图 1 小寨岭地区地质图

Figure 1 Geological map of Xiaocunling District

1—第四系, 2—第三系, 3—太华群上亚群三关庙组, 4—太华群上亚群洞沟组, 5—太华群上亚群观音堂组, 6—太华群下亚群圆家峪双峰式岩套, 7—花岗岩, 8—伟晶岩, 9—断层

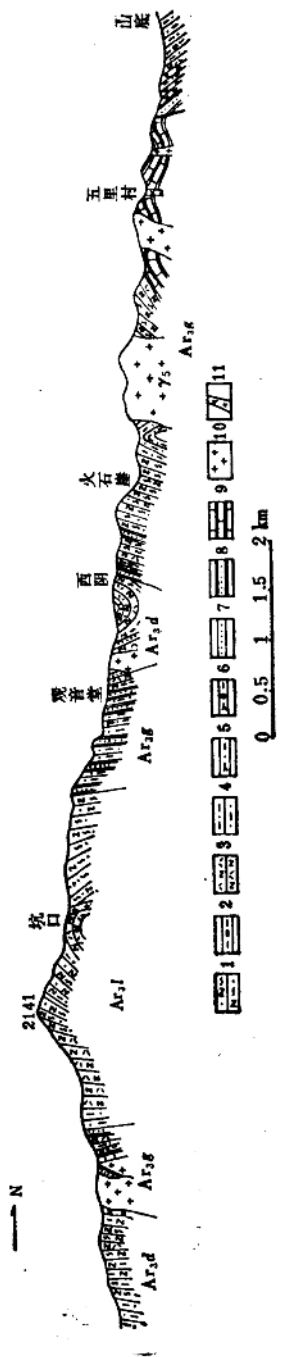


图 2 枣香峪地质剖面图

Figure 2 Zaoxiangyu geological section

1—石英长石片麻岩, 2—含石墨变粒岩, 3—斜长角闪岩, 4—黑云母变粒岩, 5—含砂线变粒岩, 6—含石榴砂线变粒岩, 7—浅粒岩, 8—石英岩, 9—大理岩, 10—花岗岩, 11—辉绿岩

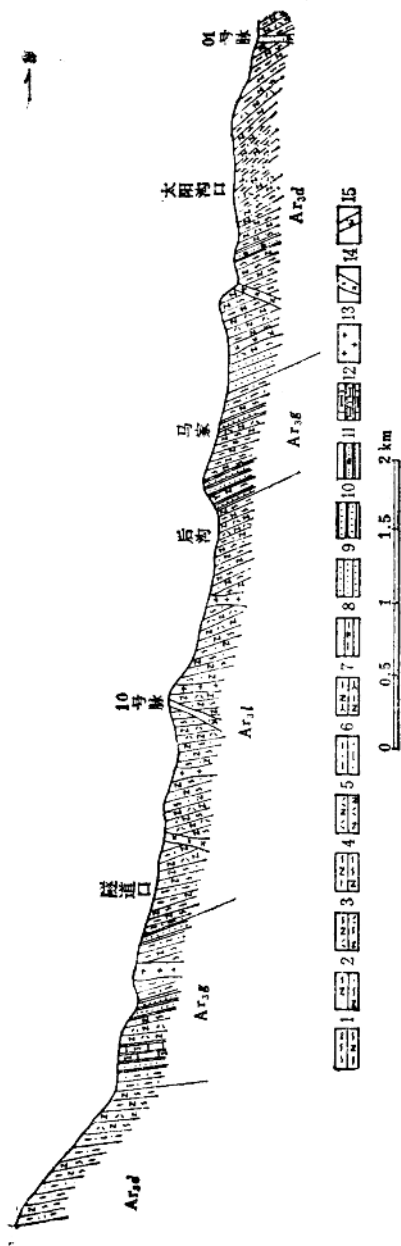


图 3 桐峪—八套脑地质剖面图

Figure 3 Tongyu-Batao geological section

1—紫苏麻粒岩；2—石英长石片麻岩；3—角闪斜长片麻岩；4—黑云斜长片麻岩；5—斜长角闪岩；6—黑云母变粒岩；7—砂线斜长变粒岩；8—含石墨变粒岩；9—浅粒岩；10—石英岩；11—磁铁矿石英岩；12—蛇纹石化透辉大理岩；13—花岗岩；14—辉绿岩；15—石英脉



表 3 鲁山-舞阳地区太华群分层表

Table 3 A division of Taihua Group in Wuyang-Lushan District

		熊耳群		
太古界 (Ar)	太华群 (Arh)	上太华群	雪花沟组	石榴二辉麻粒岩、斜长角闪岩
			水底沟组	石墨片麻岩、石墨透辉大理岩
			铁山岭组	角闪斜长片麻岩、石英长石片麻岩、大理岩、磁铁石英岩
		下太华群	荡泽河组	斜长角闪岩和石英长石片麻岩互层
			耐庄组	石英长石片麻岩夹角闪岩

呈间层产出，后者的原岩主要是拉斑玄武岩。显然，下太华群是由双峰式岩套构成的。上太华群包括石榴矽线片麻岩，是一套具孔兹岩特征的变质沉积岩。这样小秦岭地区太华群二分方案与张国伟等在邻区的划分方案基本相同。

4. 含矿性：太华群下亚群是本区金矿的主要矿源层，绝大多数金矿床均分布在下亚群中。与金矿伴生的有铅、锌等矿床。上亚群除洞沟组有少数金矿床外，主要含磁铁石英岩型铁矿、石墨矿、蛭石矿和大理石矿等，表明上下亚群含矿性有明显差异。华北地台老地层中的主要金矿，如冀东金厂峪金矿产于八道河群王厂组；吉林夹皮沟金矿产于鞍山群三道沟组；胶东玲珑金矿产于胶东群蓬乔组。这些都与太华群下亚群中文峪、金铜盆等大型金矿的产出层位大致相当。这一相似性绝非偶然，是区域地质特征和地层含矿性所决定的。

5. 太华群上下亚群在稀土元素配分上略有差异，现以斜长角闪岩为例（图4、表4）。

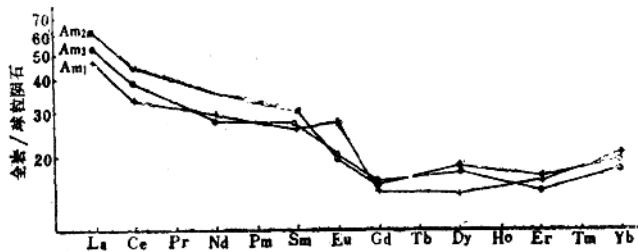


图 4 太华群上下亚群斜长角闪岩球粒陨石标准化REE分配图式

Figure 4 Chondrite-normalized REE distribution pattern of amphibolite from lower and upper subgroups of Taihua Group

Am<sub>1</sub>—下亚群双峰式杂岩体中斜长角闪岩；Am<sub>2</sub>—上亚群观音堂组中斜长角闪岩；Am<sub>3</sub>—上亚群洞沟组中斜长角闪岩

对比表明：下亚群稀土总量比上亚群略低，虽然都是轻稀土富集型的，但轻重稀土比值是不同的，下亚群 $\Sigma L/\Sigma H=1.70$ ，而上亚群则分别为2.15和2.32，就是说层位越高比值越大。下亚群为正Eu异常，比值为1.352，上亚群均为负Eu异常，比值分别为0.931和0.845。

6. 在抢马峪和桐峪两条地质剖面上，用数学地质最优分割法得出常量元素与微量元

表 4 太华群上下亚群斜长角闪岩ERR平均含量(ppm)

Table 4 Average REE content (ppm) in amphibolite from the lower and upper Subgroups of Taibua Group

编 号	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy
1	47.5	32.87	43.75	28.67	27.09	25.5	26.72	14.03	13.91	13.79
2	61.41	44.79	45.83	34.75	32.38	30.0	19.04	15.08	10.45	17.82
3	52.81	38.36	45.67	27.4	26.95	26.5	19.45	15.29	16.32	17.35

编 号	Ho	Er	Tm	Yb	Y	$\Sigma$ REE +y	La/Yb	$\Sigma$ L/ $\Sigma$ H	Eu/Eu*	备 注
1	22.61	15.24	17.59	19.93	19.81	144.7	4.01	1.70	1.352	QH01.294QH 297.423
2	18.01	16.19	17.7	19.21	16.9	162.56	5.38	2.32	0.845	4QH326.307、93 QH10
3	17.26	14.48	15.93	17.37	15.44	142.32	5.12	2.15	0.931	4QH55.59、63、 210、235

分析单位：核工业部东北地勘局二四〇研究所；沈阳地质矿产研究所；编号中：1—太华群下亚群闾家峪双峰式岩套斜长角闪岩；2—太华群上亚群观音堂组斜长角闪岩；3—太华群上亚群洞沟组斜长角闪岩

素最优二段分割，其界限落在观音堂组与闾家峪组(抢马峪剖面)，板石山组与大月坪组(桐峪剖面)之间，这是比组更高一级界线。这条界线为上下群界线。通过R型聚类分析，横向对比也得出同样结果。

(二) 划分方案对比

这里主要与河南省地质矿产局区调一队和陕西省地质矿产局第六队的划分方案进行对

表 5 小秦岭太华群划分方案对比表

Table 5 A comparison of schemes for division of Taibua Group in Xiaoqinling District

河南省地质矿产局区调一队 (1982)	沈阳地质矿产研究所 (1985)	陕西省地质矿产局第六地质队 (1982)
抢 马 峪 组	上 亚 群	秦 仓 口 组
		三 关 庙 组
		洞 沟 组
观 音 堂 组		观 音 堂 组
闾 家 峪 组	下 亚 群	板 石 山 组
焕 池 峪 组*		闾 家 峪 双 峰 式 岩 套
蒲 峪 组*		大 月 坪 组

\* 焕池峪组包含在沈阳地矿所划分的观音堂组，蒲峪组相当于三关庙组

比(表5)。由表5可以看出太华群上下亚群的界线位于闾家峪双峰式岩套与观音堂组之间。从理论上讲，闾家峪双峰式岩套不具地层意义。我们划分的观音堂组包括了焕池峪组，就是说包括了以大理岩为代表的一套地层，蒲峪组相当于三关庙组。

焕池峪组分布于枣香峪的五里村和焕池峪一带,是符光宏于1980年在河南区测队(1968年)工作基础上建立的,层位在太华群下部。1982年河南省地质矿产局第一区域地质调查队与成都地质学院的科研报告中予以引用,陕西省地质矿产局第六地质队在近年地质工作中也曾接受这一观点。焕池峪组主要岩石类型为白云石大理岩、含石榴长石石英岩、黑云变粒岩、含石墨变粒岩和黑云斜长片麻岩,与观音堂组岩石类型组合特征基本一致,并且它们的含矿性也很相似,都含大理石矿、蛭石矿和石墨矿。因此,我们将它划归观音堂组。另外,豫西和河南中部鲁山、舞阳等地(表3)的大理岩层都归属于上太华群。西北大学孙勇教授也指出:“太华群上亚群岩石类型较为复杂,最为特征的是出现大理岩类岩石<sup>①</sup>”。所以将焕池峪组划归于太华群上亚群观音堂组是合适的。

关于蒲峪组,为1982年由河南区调一队王亨治等新建的一个地层单位,属太华群下部,是本区最老地层。标准剖面在华阴县蒲峪。但是陕西地质六队将该层划入太华群上部三关庙组。该组主要由变粒岩和浅粒岩组成,并见有斜长角闪岩、片麻岩和片岩,地层中韵律特征明显,褶皱发育,多为宽缓褶曲。据地层的总体特征我们也认为应属太华群上亚群三关庙组。

### (三) 太华群含金性的某些特点

区内部分岩石样品测试结果如表6。小秦岭地区岩石含金丰度测试结果比张荫树(1983)和王亨治(1983)等发表的测试结果略高,上述样品在各组中的分布情况如表7。

表6 小秦岭地区主要岩石类型含金丰度表\*

Table 6 Gold abundance of main rock types in Xiaolinling District

岩石类型	样品数	含金量 (ppb)	平均值 (ppb)
斜长角闪岩	14	0—6	2.14
片麻岩	34	0—8	2.38
变粒岩、石英岩	18	0—6	2.17

\* 含金丰度值由沈阳地矿所实验室和辽宁冶金地质勘探公司实验室测定(化学光谱法)

表7 微金分析样品在各组中分布表

Table 7 Sampling in stratigraphic formations for assaying

地层名称	样品数	平均值 (ppb)	备注
闫家峪组	33	3.03	
观音堂组	14	3.14	
洞沟组	20	2.04	
三关庙组	6	1.07	蒲峪地区

1. 不同岩石的含金丰度值虽然略有差异,但都在同一数量级内,而且其平均值低于维诺格拉多夫(1962)地壳岩石含金量3.5ppb。但是变质岩原岩的含金情况还是有较明显

① 据孙勇1981年资料。

差异的。如角闪岩的原岩多为基性火山岩，据Goottfeied等资料（1972），玄武岩含金丰度为5.4ppb；美国地球化学手册刊载（1974），超铁镁质岩含金6.6ppb，辉长岩4.8ppb，而花岗岩只有1.7ppb；加拿大卡卡其湖沉积岩含金1.12ppb。据莫伊辛克（1972）资料，

由超基性岩、基性岩、中性岩、酸性岩其含量依次降低，喷出岩与相似化学成分的侵入岩比较含金量相对较高。但本区变质岩中各种岩石类型金的平均丰度趋向一致，这是由于多次构造热事件金有一定的迁移所致。据R·W·博伊尔资料，变质岩中的角闪岩含金丰度为7.1ppb。本区测得的角闪岩含金丰度值远远低于这个数值。Weber等（1973）对赖斯湖金矿带研究后得出结论：“高级变质片麻岩所得的低含金量值，是由于这个金矿带发生高级变质作用期间，金耗损了的结果。”它从一个侧面反映了角闪质岩石中金的迁移，因此目前所测定的含金丰度值不能完全代表岩石的原始丰度。

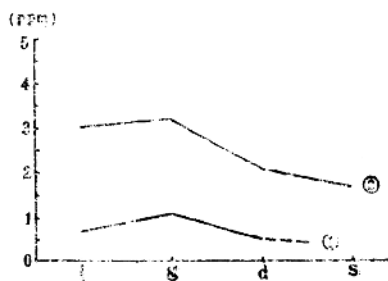


图5 太华群各组地层含金性  
Figure 5 Gold content of Taihua Group

1—闾家峪组；g—观音堂组；d—洞沟组；s—三关庙组；①王亨治资料；②作者资料

2. 从表7的数值看出各组地层的含金性与金的成矿作用没有明显关系，但有一个总的趋向，就是观音堂组含金丰度值高，其次是“闾家峪组”，再次

是洞沟组，而三关庙组相差较远，这一结果与王亨治等所测得结果类似（图5）。

表8 太华群各组含金石英脉情况表

Table 8 Gold quartz vein in the formations of Taihua Group

地层名称	石英脉数	百分数	密度(条/km <sup>2</sup> )	备注
“闾家峪组”	596	57.7	3.89	概略统计结果
观音堂组	216	24.6	1.82	
洞沟组	97	11.1	0.87	
三关庙组	58	6.6	0.56	

据王亨治等资料，各组含金石英脉的数量是不同的，如表8。然而成矿并不完全取决于含金石英脉的多少，含金量多的石英脉是赋存在“闾家峪组”，其次是洞沟组，而观音堂组虽然石英脉也较多，但目前尚未发现有工业价值的金矿床。含金石英脉在各组的富集与地层本身的岩石组合和所能提供的矿质来源有重要关系。“闾家峪组”是一双峰式岩套，其石英长石片麻岩的原岩是奥长花岗岩，岩石富钠；该组又以基性火山岩为主，原岩含金较高，在热力作用下，有碱性富集钠溶液的存在，地层中的金更易于析出和迁移。太华群上亚群是具有孔兹岩特征的沉积-火山变质岩系，基性火山岩在洞沟组的分布远多于观音堂组，洞沟组岩石的富钠特征也较为明显，这一特点也是洞沟组较观音堂组更富含石英脉的一个原因。当然，金的地球化学性质在金的矿化中也起重要作用。

#### (四) 太华群的时代

小秦岭地区太华群与其上覆的中元古界药县系高山河组以角度不整合关系接触。高山河组的K-Ar等时年龄为1492Ma；太华群又被熊耳群中伟晶状花岗岩（1553Ma）侵入，熊耳群年龄为1625Ma；侵入于太华群的伟晶岩黑云母K-Ar年龄700.2Ma，南闯伟晶岩中黑云母K-Ar年龄917.7Ma。上述年龄数据表明太华群应老于1625Ma。本区有多期伟晶岩。

在太华群下亚群石英长石片麻岩中取了12个同位素年龄样品，结果如表9、图6。

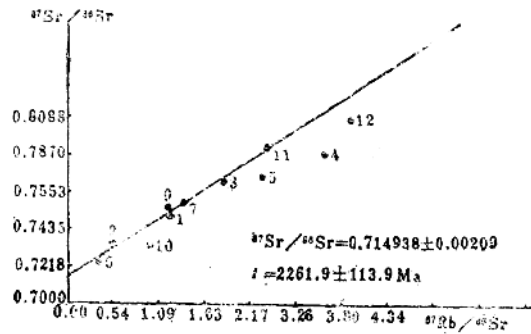


图 6 Rb-Sr等时年龄图解

Figure 6 Diagram of Rb-Sr isochron dating

表 9 太华群下亚群灰色片麻岩铷锶年龄原始数据表

Table 9 Data of Rb-Sr method for grey gneisses of Taihua Group

序号	原始样品号	分析号	岩石名称	Rb含量 ( $\mu\text{g/g}$ )	Sr含量 ( $\mu\text{g/g}$ )	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
1	1QH $\alpha$ -21	85-081	石英长石片麻岩	87.52	214.97	1.1775	0.751819
2	-21	-082	石英长石片麻岩	55.68	302.17	0.5329	0.734925
3	-25	-083	石英长石片麻岩	85.92	136.55	1.8199	0.772199
4	-29	-084	石英长石片麻岩	142.07	134.81	3.0479	0.78818
5	-34	-085	石英长石片麻岩	139.49	243.85	2.2949	0.774733
6	-45	-086	石英长石片麻岩	40.51	323.52	0.3622	0.724919
7	-46	-087	石英长石片麻岩	83.63	178.39	1.3559	0.759325
8	-171	-088	石英长石片麻岩	118.76	63.31	5.4253	0.795778
9	-172	-089	石英长石片麻岩	132.15	325.85	1.1729	0.756511
10	-175	-090	石英长石片麻岩	130.59	394.75	0.9568	0.734402
11	-236	-091	石英长石片麻岩	147.55	180.56	2.3633	0.792045
12	-319	-092	石英长石片麻岩	173.92	150.51	3.3422	0.808792

地质矿产部地质研究所同位素室分析

从图6可以看出：数据点有些分散，表明样品之体系不遵守放射性元素的衰变速率原理，以开放体系出现。样品母体元素加入与子体元素丢失，使得 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 的比值变小，所以小的比值所计算的年龄 $t'$ 小于样品形成年龄 $t$ 值，这样在座标图上1、2、3、6、7、9、11等数据等时线年龄值为 $2261.9 \pm 113.9\text{Ma}$ 应视为变质年龄。而太华群实际年龄应大于这个数值。

陕西省地质矿产局第六地质队自潼关李家村采集太华群角闪二长片麻岩中的磷灰石,经宜昌地质矿产研究所1979年测定一组 U-Pb 年龄为2301—2411Ma; 采自东桐峪的片麻岩,经西北冶金地质研究所测定 Rb-Sr 等时线年龄为 $2549 \pm 169$ Ma。邻区鲁山太华群下亚群Rb-Sr年龄2620Ma, 上亚群U-Pb年龄2280Ma, 对比表明基本吻合, 2200—2400Ma为太华群最早的一期变质年龄, 其生成年龄可能为2500—2600Ma。

综上所述将本区太华群划归上太古界是合适的。关于太华群上下亚群形成年龄的差异尚待进一步研究。另外, 本区尚有一批K-Ar年龄数据在 1597—77Ma 之间, 其中以大于900Ma占多数, 这表明太华群区域变质作用主要发生在晋宁运动之前, 不同年龄组可能代表不同时期的构造热事件。

## 二、太华群微量元素与常量元素数学地质特征

### (一) 有序地质量最优分割对太华群划分和对比

我们主要采用两条剖面: ①河南省灵宝县境内的枣香峪口经金峒岔至抢马峪口(简称枣香峪剖面); ②陕西省潼关县境内的桐峪剖面。在枣香峪剖面采集化学分析样品40个, 光谱半定量样品57个。桐峪化学样43个, 光谱样67个。

#### 1. 样品采集

绝大部分样品是在测剖面时采集的, 按下列原则进行采样:

- (1) 不同岩性均有代表样品;
- (2) 由于地形条件较差一般不受距离控制; 岩性单一时, 距离较大;
- (3) 样品均采集基岩。

由于区内地层出露较好, 样品分布控制了地质的变化, 采样基本合理。

#### 2. 变量的选择

变量的选择是根据元素含量, 分析精度, 按下述原则进行确定:

- (1) 元素含量普遍高于化验精度;
- (2) 同一剖面相同元素含量要有差异;
- (3) 根据相关系数检验, 取密切线性相关的诸元素之一作为变量, 参加计算。

#### 3. 计算结果及分层方案

##### (1) 枣香峪剖面

我们在该剖面上选取常量元素样品 40 个, 选:  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{MnO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$  10 个元素为变量; 微量元素样57个, 选取: Pb、Cr、Ni、Ba、Sr、Mn、Ga、V 8 个元素为变量。

① 常量元素40个样品, 进行2—7次最优分割, 结果见表10。

表中二段最优分割点为20号样品, 即将样品分成: {1—20}和{21—40}两个样品段, 这两个样品段界线正好是观音堂组与“阎家峪组”的界线。{1—20}样品段包括抢马峪组、观音堂组, {21—40}样品段为阎家峪组。显然这两个样品段之间的界线是比组高一级的界线, 我们定为亚群的界线。将{1—20}样品段定为太华群上亚群, {21—40}为太华群下亚群。最优分割三段以上的界线为组的界线, 故{1—9}样品段为抢马峪组, {10—20}样品段为观音堂组。{21—40}样品段, 即太华群下亚群该段只有一个组——阎家峪组。最优分割

表 10 枣香峪—枪马峪地质剖面地质分层与常量元素最优分割分层对比  
 Table 10 A comparison between divisions with geological and element optimum segmentation methods in Zaixiangyu-Qiangmayu

地质分层		分割结果						最优分割分层	
		No 2	No 3	No 4	No 5	No 6	No 7		
太 华 群	枪马峪组	0	0	0	0	0	0	枪马峪组	太 华 群 上 亚 群
	观音堂组		$\frac{9}{10}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{6}{7}$ $\frac{8}{9}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{6}{7}$ $\frac{8}{9}$	观音堂组	
	闫家峪组	$\frac{20}{21}$	$\frac{20}{21}$	$\frac{20}{21}$	$\frac{20}{21}$	$\frac{20}{21}$	$\frac{20}{21}$	闫家峪组	
		40	40	40	40	$\frac{30}{31}$ $\frac{30}{31}$ $\frac{33}{34}$ $\frac{37}{38}$ $\frac{38}{40}$	$\frac{30}{31}$ $\frac{33}{34}$ $\frac{37}{38}$ $\frac{38}{40}$	太 华 群 下 亚 群	

表 11 枣香峪—枪马峪地质剖面地质分层与微量元素最优分割分层对比  
 Table 11 A comparison between divisions with geological and microelement optimum segmentation methods in Zaixiangyu-Qiangmayu geological section

地质分层		分割结果						最优分割分层	
		No2	No3	No4	No5	No6	No7		
太 华 群	枪马峪组		$\frac{8}{9}$	$\frac{6}{7}$ $\frac{8}{9}$	$\frac{6}{7}$ $\frac{8}{9}$	$\frac{6}{7}$ $\frac{8}{9}$	$\frac{6}{7}$ $\frac{8}{9}$	枪马峪组	太 华 群 上 亚 群
	观音堂组				$\frac{34}{35}$	$\frac{34}{35}$	$\frac{34}{35}$	观音堂组	
	闫家峪组	$\frac{40}{41}$	$\frac{40}{41}$	$\frac{40}{41}$	$\frac{40}{41}$	$\frac{40}{41}$	$\frac{40}{41}$	闫家峪组	
		57	57	57	57	$\frac{55}{56}$ $\frac{56}{57}$	$\frac{55}{56}$ $\frac{56}{57}$	太 华 群 下 亚 群	

四段以上不再划分。常量元素最优分割结果与地质分层界线基本相当，与原地层划分区别在于将观音堂和阎家峪之间的界线提高到比组高一级的界线。表10即为枣香峪地质剖面最优分割分层与地质分层对比。

### ② 枣香峪地质剖面微量元素最优分割

我们将枣香峪地质剖面上57个样品8个元素进行(5—7)次最优分割，结果见表11。

表11中二段最优分割点为40号样品点，即将这段样品分成{1—40}和{40—57}两个样品段，两个样品段界线与观音堂组、“阎家峪组”之间界线相当，该界线又是比组更高级的界线。{1—40}样品段为太华群上亚群包括抢马峪组、观音堂组，{41—57}样品段为太华群下亚群阎家峪组。表11，即是枣香峪地质剖面微量元素最优分割分层与地质分层对比，从表13可以看到抢马峪组减少一个样品的地层位置，余者界线与地质分层相当。

③ 常量元素与微量元素最优分割结果基本一致，虽然样本不等，但微量元素样本内包括所有常量元素子样的位置。界线点附近样品是互为对应的。

微量元素最优分割中抢马峪组与观音堂组之界线在8—9号样品之间，常量元素在9—10号样品之间，我们认为更能反映地层的原始物理化学条件的是微量元素，故将二组界线放在8—9号样品之间。

综合常量元素与微量元素最优分割结果，结合岩性、沉积旋回等地质特征，将枣香峪地质剖面划分为太华群上、下两个亚群。上亚群包括两个组，下亚群包括一个组。由于微量元素可以代表不同地层的地球物理化学环境和物质来源，将各亚群(组)微量元素组合、变量及主要参数变化情况列表12。

表 12 枣香峪-抢马峪地质剖面主要统计参数对比  
Table 12 Major statistics parameters in Zaoxiangyu-Qiangmayu geological section

参 数 变 量 (元素)	$\bar{X}$				SX				CV (%)			
	样品段											
	1—40	41—57	1—8	9—40	1—40	41—57	1—8	9—40	1—40	41—57	1—8	9—40
Pb	9.65	12.18	7.00	10.31	7.40	9.02	3.38	8.00	0.8	0.7	0.5	0.8
Cr	64.70	76.35	122.88	50.16	69.43	55.03	108.72	48.00	11	0.7	0.9	1.0
Ni	21.95	54.74	41.00	14.93	19.90	38.47	11.99	14.80	0.9	1.4	0.3	1.0
Ea	463.00	366.47	800.00	378.75	466.26	219.23	611.79	390.32	1.0	0.6	0.8	1.0
Sr	70.75	135.88	37.50	79.06	92.14	157.36	106.06	88.22	1.3	1.2	2.8	1.1
Mn	407.55	421.18	700.00	334.38	318.56	337.75	542.48	183.36	0.8	0.8	0.8	0.6
Ga	15.58	19.17	25.00	13.22	13.81	7.84	2.98	14.46	0.9	0.4	0.1	1.1
V	105.10	113.53	182.50	85.75	110.34	114.56	113.74	102.29	1.1	1.0	0.6	1.2

从表12可以看出各亚群和各组微量元素组合、含量、均匀程度都有差异。太华群上亚群众多元素平均值低于太华群下亚群，但Ba、Cr和Ga三元素则相反。均匀程度不同，反映当时的物理化学环境、物质来源不尽相同。从岩性上看，太华群上亚群主要是变粒岩、含石墨变粒岩、石英岩、大理岩并有麻粒岩等；太华群下亚群岩性主要为石英长石片麻岩、斜长角闪岩。各种统计参数反映在两个亚群之间有差异，同样在组与组之间的丰度值、均匀化程度、岩性也有不同之处。这些不同点反映了上下亚群以及各组的本身特征。



表 13 枣香峪地质剖面地质分层与最优分割分层对比

Table 13 A comparison between divisions with geological and optimum segmentation methods in Zaoxiangyu-Qiangmayu geological section

地质分层		样品数	最优分割分层	岩性
太 华 群	枪马峪组	1 10	太华群上亚群	枪马峪组 黑云角闪变粒岩 麻粒岩 浅粒岩 磁铁矿石英岩
	观音堂组	11		观音堂组 石英岩 含石墨变粒岩 变粒岩 大理岩 角闪岩
		40	太华群下亚群	
	阎家峪组	41		阎家峪组 石英长石片麻岩 角闪岩
	57			

用最优分割法确定的枣香峪地质剖面分层方案如表13。

(2) 桐峪地质剖面最优分割

桐峪地质剖面，陕西第六地质队将太华群自下而上划为：大月坪组、板石山组、洞沟组。三关庙组建于蒲峪剖面，层位在洞沟组之上（其上还有秦仓口组），桐峪剖面见图3。

我们利用桐峪剖面和蒲峪剖面化学分析样品43个，选取元素为：SiO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、FeO、MnO、MgO、CaO、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O。光谱样67个，选取Pb、Cr、Ni、Ba、Sr、Mn、Ga、V、Zr、Ce 10个微量元素，利用上述元素作为变量进行计算。

① 常量元素分析结果见表14。表中2段最优分割点为22号样品点，将该剖面分成了{1—22}和{23—43}两个样品段，显然这两个样品段的分界线是比组更高级的地质界线，从表15可以看出，最优分割分层与原地质层划分基本吻合，最优分割结果是：大月坪组{23—43}样品段，板石山组{16—22}样品段，洞沟组{3—15}样品段，{1—2}样品段可能为三关庙组。

② 微量元素最优分割结果

微量元素，10个变量进行2—7次最优分割，结果见表15，从表中可以看出最优二段分割成{1—55}与{56—67}两个样品段，二样品段的界线是比组更高级的界线，即为亚群的界线，也是板石山组与大月坪组之间的界线。{1—55}样品段相当于太华群上亚群包括板石山组、洞沟组，{56—67}样品段相当太华群下亚群包括大月坪组。最优三、四段分割则为组间界线。大月坪组内63号样品根据最优分割原则可以认为是组间界线。但从地质上的岩石、岩性、沉积特点看，可以认为这界线不存在或降级使用。三关庙组与洞沟组之间界线，根据最优分割原则是不存在的，故将合并称之为洞沟组。桐峪地质剖面微量元素最优分割结果与原地质分层有一定的差异，但大的界线与地质分层相当。桐峪地质剖面地质分层与微量元素最优分割分层对比见表15。

③ 微量元素最优分割与常量元素最优分割对比

两次2—7次最优分割基本吻合，常量元素划分两个亚群四个组，微量元素分成两个亚群三个组，常量元素在剖面上部{1—2}样品段依最优分割原则是可以划分一个组，但常量元素所反映的是岩石特征，而微量元素所反映的是不同的沉积物理化学环境。故按着微量元素最优分割结果在桐峪地质剖面划成两个亚群三个组。