

陕西北秦岭地区多旋迴发展特征及其构造演化史

戴文晗 金才坤

(核工业部西北203研究所)

位于陕西中部的北秦岭地区在中国大地构造部位中占有十分重要的位置。该区构造作用、岩浆活动和变质作用十分复杂而强烈,矿产资源亦颇为丰富,对该区的研究工作一直被广大地质工作者所重视,陆续发表了不少有关研究成果和论文。近几年来,我们对该区做了一些野外地质观察和综合分析,对其多旋回发展特征及其演化历史获得了一点粗浅的认识。在此提出,供同志们参考。

一、基本地质构造概况

北秦岭处于华北地台南缘区,地台与南部秦岭地槽褶皱系在多处具有构造过渡特点,因此二者之间的界线常引起较多争论。本文根据区内地层建造,构造作用,变质作用,岩浆活动及同位素年龄等方面的特点,将北秦岭地区划分为三个Ⅰ级构造单元,即华地台(中朝准地台),祁连北秦岭褶皱系和南秦岭褶皱系,其下又分为若干Ⅱ级、亚Ⅱ级及Ⅲ级构造单元,见图1,表1。此外,燕山运动以来,受滨太平洋构造域的影响,形成一系列北东向升降带,本文称新构造系,也在表中一并列出。

现将主要构造单元特征简述如下。

(一) 华北地台(中朝准地台)

地台基底主要由太古界太华群,下元古界铁铜沟组和熊耳群组成,三者均为角度不整合接触关系,经17亿年左右的中条运动固结形成。以往多把熊耳群作为地台盖层沉积,笔者认为,1. 其主要为中基性火山岩建造,岩石化学特点为碱质或钙碱质,与山西五台、吕梁一带的早元古代滹沱群中的火山岩极为接近,并与地台东部较早时期的脉岩(约18亿年)也极近似;2. 变质较深达绿片岩相;3. 构造复杂,构造应力较强,显示为地台形成前期活动构造性质。因此认为属于地台基底较为合适。

地台盖层据建造特点和接触关系可分两套。第一套盖层由中元古界高山河组一大庄组组成,为滨海—浅海相杂色碎屑岩—硅镁质碳酸盐岩—炭泥质碎屑岩建造,构成一完整的巨型沉积旋迴,厚度2381—7093米,下部与熊耳群呈角度不整合关系,各组间为平行不整合或整合接触。其中上部冯家湾组含有丰富的迭层石,显示地台盖层建造特点。第二套盖层由震旦系罗圈组、寒武系和下奥陶统组成。罗圈组为冰川沉积,平行或角度不整合于大庄组或冯家湾组之上;寒武系—下奥陶统为一套滨—浅海相碎屑岩和碳酸盐建造,厚度546—1016米,岩相厚度均较稳定,含有丰富的三叶虫等化石,平行不整合于罗圈组之上,各组间为整合关系,为典型的地台盖层沉积。

表 1 陕西北秦岭地区主要构造单元划分及系列简表

I 级	II 级	亚 II 级	III 级
华北地台 (中朝准地台)	豫西断隆	太华古隆起 洛源石坡台缘褶皱带 骊山凸起	华山复背斜 路家街复向斜 石门复背斜
	渭河地堑		
祁连北秦岭褶皱系	北秦岭褶皱带	庙湾灵口褶皱带 纸房板桥隆起带 草凉驿云架山断陷褶皱带 太白商县隆起带 白云丹凤伏地槽带	楼村复向斜 垢神庙复向斜 汤峪—喂子坪—麻街复向斜带 崖湾—金井东流水—黄羊坝葛牌—峦庄复背斜带
		北祁连伏地槽褶皱带	八龙潭复背斜
南秦岭褶皱系		凤县柞水冒地槽褶皱带 留坝白河冒地槽褶皱带	南天门—菩萨岩—板房子—二峪河复向斜带 区内为留凤关复向斜
燕山—喜山期新构造系		石门—商县沉降带 华山—四方山隆起带 板房子—咸阳沉降带 太白山隆起带 凤县—宝鸡沉降带	五仙盆地 石门盆地 洛南盆地 商县盆地 板房子断陷盆地 终南隐伏盆地 固市隐伏盆地 凤州盆地 黄牛铺断陷

华北地台在区内分为四个亚 II 级构造单元，1. 太华古隆起，主要由太华群组成，构造架骨为东西向华山复背斜，具有复杂的次级褶皱及普遍的片麻理构造和混合岩化，反映经受了多期次强烈构造运动及变质作用。2. 洛源石坡台缘褶皱带，主要表现为地台盖层的褶皱作用。中条旋迴之后，地台区表现为块体升降运动为主，褶皱作用不强，形成宽缓的向斜和背斜。由于南部地槽褶皱带的影响，台缘石门复背斜之褶皱和断裂作用稍强，使两翼不对称，显示地台边缘活动性增强的特点。3. 骊山断隆，为太华古隆起的残块，其构造与太华古隆起相对应，由两个次级向斜、背斜组成。4. 渭河地堑，是一个发育在地台边缘的新生代断陷盆地，沉积有巨厚的河湖相碎屑岩及黄土。

(二) 祁连北秦岭褶皱系

是一个长期发育的大陆边缘活动带。其成生发展历史可追溯到中元古代甚至以前，由不同时代的地槽型沉积建造组成，具有明显的多旋迴发展特征。根据近年来所获资料，该褶皱系可划分为北秦岭褶皱带和北祁连褶皱带。

1. 北秦岭褶皱带，是由深大断裂控制的大陆边缘裂陷式地槽褶皱带，为祁连加里东褶皱系的东延部分。其下分五个亚 II 级构造单元。

(1) 庙湾灵口褶皱带，是受铁炉子断裂和石门高树断裂控制的裂陷式地槽带，由寒武系和陶湾群 (O_3-S) 组成。其特点与北部地台区下古生界对比 (见表 2)，两者有极大差别，属不同性质构造环境的产物。其中陶湾群 (O_3-S) 原划为震旦系，据陕西区测队

① 见“地质地球化学”，1982年，7期，J.K.Leggett《不列颠早古生代黑色页岩及其古海洋学意义》。

表 2 洛南与路家街两地区下古生界地层特征对比表

地 区	沉 积 建 造	构 造 特 征	变 质 作 用	矿 产	化 石
洛南地区 (庙湾— 灵口) $\epsilon-(O_3-S)$	寒武系为含炭碎屑岩— 碳酸盐建造, (O_3-S) 为 海相冰川(?)碎屑岩—正 常碎屑岩夹泥质碳酸盐建 造, 沉积厚度大, (>3400 米) 岩相变化大, 岩石成 熟度差。	为紧密线状褶皱次 级褶皱十分发育, 片 理、劈理密集, 应力 作用强, 显示为褶皱 构造作用强烈。	变质达绿泥石— 绢云母相(带), 碎 屑岩以千枚岩、片 岩及板岩为主, 碳 酸盐重结晶显著	下部含炭碎屑岩 以含铀为主, 已发 现较多铀矿化点及 异常磷, 矿化少见 分散	化石少见, 局部见软舌 螺等化石
路家街地 区 $\epsilon-O_1$	浅海相硅镁质石灰酸盐 建造为主, 夹泥钙质碎屑 岩, 岩相厚度都稳定, (厚 度<1000米) 层序清楚, 岩石成熟度好	褶皱宽缓, 向斜形 态完整, 次级褶皱不 发育, 构造作用不强	变质很浅或未变 质。	底部辛集组以含 磷为主, 层位稳定, 见胶磷矿结核层。 铀含量较少。	富含三叶虫 、软舌螺、 园货币等化 石

及笔者观察, 其不整合于寒武系不同层位之上, 应属上部层位。经岩相分析, 其中上奥陶统(O_3)砾岩相似于冰海落石相沉积, 似可与晚奥陶世(阿石极期^①冈瓦纳大陆广布的冰川沉积相对应, 是否为一次冰期的产物, 值得进一步探讨。其上覆志留系为一套岩性较杂的浅海相泥质碳酸盐—碎屑岩建造。该带构造复杂, 褶皱断裂极为发育, 总体为一复式向斜。在洛南西部地区, 寒武系与震旦系罗圈组呈平行或小角度不整合关系, 岩石成熟度较高, 显示为地台—地槽过渡型建造特征。

(2) 纸房板桥隆起带, 为原“秦岭地轴”的组成部分, 主要由中元古宽坪群地槽相碎屑岩夹火山岩及硅镁质碳酸盐建造组成。经多期构造作用, 线状褶皱及片、劈理发育, 总体为一大型复向斜带。加里东运动对其改造强烈, 变质年龄集中于492百万年和388百万年(后者为主)。

(3) 草凉驿—云架山断陷褶皱带, 是一条多期活动的断陷沉积褶皱带, 先后沉积有奥陶系草滩沟群、下古生界云架山群海相火山岩及碎屑岩、碳酸盐建造, 上古生界海陆交互碎屑岩建造及中新界陆相碎屑岩。加里东运动初期裂开规模最大, 此后有多次下陷活动, 规模渐小。

(4) 太白商县隆起带, 原“秦岭地轴”主体部分, 由前震旦系秦岭群组成, 为一套巨厚的深变质岩系, 据其中较老的同位素年龄(10亿年左右)很可能属青白口系。该带经受了加里东运动的强烈改造, 有大量543—492百万年和415—385百万年的变质年龄值。其总体构造骨架为一巨型复背斜带。

(5) 白云—丹凤优地槽带, 由下古生界中基性火山岩和一系列沿白云—丹凤深大断裂带分布的基性—超基性岩体组成。由于强烈挤压和白云—丹凤断裂带的破坏作用, 基本失去原来面貌。据李春昱等研究认为, 该带很可能为板块缝合线, 它具有双变质带特点, 并有混杂堆积出现。

2. 北祁连优地槽褶皱带, 由厚达万米以上的下古生界镁质碳酸盐—碎屑岩—中基性火山岩组成, 为北祁连优地槽带的东延部分, 主要构造骨架为八龙潭复向斜。该带构造—变质作用强烈, 岩石变质较深, 多处具混合岩化。其北侧与华北地台具构造过渡性特点,

构造部位和性质可与东部庙湾灵口褶皱带相对比,只是后者构造过渡性更强些。这一特征与黄汲清教授等论述的北祁连—北淮阳大断裂带西深东浅的结论相符合。正是这种深浅不一的断裂作用,形成了地台与地槽间过渡性质的强弱变化。

(三) 南秦岭褶皱系

位于白云—丹凤断裂带以南广大地区,南与扬子地台相接。该褶皱系可分为凤县柞水和留坝白河两个Ⅱ级冒地槽褶皱带。主要由泥盆系—三叠系浅海相碎屑岩夹碳酸盐岩组成,为一套巨厚的类复理式建造。总体构造骨架为两条巨型东西向复向斜带。由于南秦岭古海板块南北两侧构造发展的不均一性,其南侧扬子地台北缘自震旦纪以来一直处于相对稳定的下降阶段,沉积间断较少,震旦系—三叠系比较连续,各地层间多为平行不整合或整合关系,而北侧构造活动强烈,沉积间断明显,因而造成了泥盆系—三叠系与下伏寒武系—奥陶系间的区域不整合。

(四) 燕山—喜山期新构造系

由一系列北东向隆起带和沉降带构成,叠加于前燕山期东西向构造带之上。隆起带表现为一系列高大山峰的崛起,大量燕山期酸性岩体侵入,沉降带则表现为一串串珠状盆地北东向展布,其中有大量中生代陆相碎屑岩沉积。

二、多旋迴构造发展特征

由于北秦岭地区处于特殊的大地构造部位,几乎经历了历次构造旋迴作用,因此它的多旋迴发展特征十分明显,主要表现在以下六个方面。

(一) 多旋迴断裂构造作用

北秦岭地区构造运动的发生和发展,明显受宝鸡—铁炉子—三要、草凉驿—云架山和白云—丹凤三大断裂带及其次级断裂的控制(主要断裂特征见表3)。这三条断裂带规模巨大,深达地幔或地壳深处,自元古代以来一直控制着本区构造活动的发生和发展,一般都具有五、六次甚至八、九次以上的强烈活动期。中条运动后随着华北地台的固结,地台与秦岭古海间的宝鸡—铁炉子—三要断裂开始发生,武陵旋迴期,其两侧形成同期不同相的两套地层,即地台盖层高山河组和地槽相宽坪群。武陵运动该断裂呈强烈压性,宽坪群褶皱为陆,纸房板桥隆起带形成。大约晋宁旋迴,草凉驿—云架山断裂带开始活动,控制着秦岭群的沉积,随晋宁运动白云—丹凤断裂带也开始活动,并与草凉驿—云架山断裂带共同作用,秦岭群褶皱上升,太白商县隆起带最终形成。澄江旋迴期,草凉驿—云架山断裂带又强烈活动,形成断陷或凹陷,沉积有甘峪组。由震旦纪到志留纪,三大断裂带严格控制着北秦岭裂陷式地槽和优地槽的发生、发展和最终形成。泥盆纪以后又多次裂开,控制着上古生界和中生界陆相断陷沉积。这三大断裂带把该区分成若干条带(块),实际上分为若干构造单元,每个单元都有不同的地层沉积,变质作用、岩浆活动和成矿作用,即不同的构造活动史,充分表现出多旋迴断裂活动在北秦岭地区构造演化中的重要作用。

(二) 多旋迴的沉积建造

从表5可看出,北秦岭地区地层发育比较齐全,自太古代以来各期构造旋迴都留下了沉积建造记录,并随着时间的推移和构造旋迴的演化,产生了各不相同的沉积建造及分布

表3 陕西北秦岭地区主要断裂带和断裂表

主 要 断 裂	深 度	性 质	强烈活动时代	岩 浆 活 动
白云山断裂带	T	c-s	Pt ₂ -Pz-Mz-Kz	Σ, O ₅ , γ, v
草凉驿—云架山断裂带	T-L	t-c-s	Pt ₂ -Pz-Mz-Kz	Σ, δ, γ,
铁炉子—三要断裂带	L	c-s	Pt-Pz-Mz-Kz	Σ, γ,
石门断裂带	C	c-s	Pt-Pz-Mz-Kz	γ, ζπ
杨家岭断裂带	C	c-s	Pt-Pt-Mz-Kz	γ, v
秦北(地塬)断裂	L-C	r	Mz-Kz	γ
因关断裂	L-C	t-c-s	Pt ₂ -Pz-Mz-Kz	γ
金牛坪断裂	C	c-s	Mz-Kz	γ
管家坪—夜村断裂	C	c-s	Pz-Mz-Kz	γ
红花铺—杨家湾断裂	C	c-s	Mz-Kz	γ, δ
青岗坪断裂	C	c-s	Mz-Kz	γ, (小岩体为主)

T—超岩石圈断裂 L—岩石圈断裂 C—壳断裂 c-s—压—压剪性 t-c-s—张性与压—压剪性交替 t—s—张剪性 t—张性 Pt—元古代 Pt₂—中元古代 Pz—古生代 Mz—中生代 Kz—新生代 Σ—超基性岩 O₅—蛇绿岩套 v—基性岩 γ—酸性岩 δ—中性岩 ζπ—碱性岩

特点。由老到新,在构造性质上,17亿年之前以形成地台结晶基底建为主,17亿年之后则台、槽建造分化,一方面地台盖层开始发育,另一方面,地槽建造由加里东及以前的优地槽建造为主向着后期的冒地槽建造转化;在沉积相上,由海相沉积岩系为主向着海相沉积普遍缺失,到山间红色断陷盆地发展;岩性组合上,由以中基性火山岩建造为主,向着火山岩逐渐缺失,中期碳酸盐增加,晚期又以陆相碎屑岩建造为主演化;在分布上,则受各期地槽沉积带所控制,大致由北向南逐次排列;而中新生代陆相碎屑岩系,则主要分布在一系列凹陷或断陷盆地中。

(三) 多旋迴构造带迁移

华北地台形成之后,即形成了台、槽分明的沉积环境,北为大陆,南为海洋。秦岭古海的沉积作用和各期构造运动的造陆作用,使大陆不断向南增生,构造带由北向南迁移。北秦岭地区这种构造带迁移的性质特别明显,由北向南可依次排列为:

1. 阜平—中条旋迴期—华北地台;
2. 武陵旋迴期—纸房板桥(宽坪群)优地槽(?)褶皱隆起带;
3. ?—晋宁旋迴期—太白商县(秦岭群)优地槽(?)褶皱隆起带;
4. 加里东旋迴期—祁连—白云—丹凤(下古生界)优地槽褶皱带。并由于铁炉子大断裂和草凉驿—云架山大断裂的裂陷作用,庙湾—灵口(下古生界)裂陷式地槽褶皱带和草凉驿云架山(下古生界)断陷褶皱带将纸房板桥和太白商县两构造带包括其中,并强烈改造,使之成为加里东褶皱带组成部分;
5. 海西期——凤县柞水(中上泥盆统)冒地槽褶皱带;
6. 印支期——留坝白河(泥盆—三叠系为主)冒地槽褶皱带。

由于各构造旋迴发展的不均衡性,还表现出构造带纵向迁移的特点。例如凤县柞水冒地槽褶皱带,早石炭世,东部仍为海洋,西部则上升为陆;中石炭世西部接受了中石炭统的沉积,东部则受风化剥蚀而缺失中石炭统以上沉积。呈现出纵向“翘板式”构造迁移运动。

(四) 多旋迴的岩浆活动

据同位素年龄资料,自太古代以来到燕山期,至少可划分九期以上的岩浆侵入期(见表4)且多数旋迴表现为超基性—基性—中酸性的喷发旋迴。其中以加里东、海西、印支和燕山期的侵入活动最为强烈,形成数条颇具规模的东西向构造岩浆带。它们的形成顺序与展布规律基本与构造带的迁移相一致。由北向南分别有 1. 华北地台元古期岩浆活动区,形成中基性火山岩(熊耳群)+酸性侵入岩+基性岩墙群组合; 2. 北秦岭褶皱带加里东期构造岩浆带,形成超基性—基性侵入岩、火山岩+中酸性重熔交代型岩体组合; 3. 南秦岭褶皱系海西—印支期构造岩浆带,形成中性+中酸性侵入岩组合。印支期以后,秦岭古海全部封闭为陆,岩浆活动转为以酸性侵入岩为主,燕山期在西部特提斯和东部滨太平洋构造域的挤压应力共同作用下,区内发生构造活化作用,形成了北部东西向和北东向交叉展布的燕山期构造—岩浆带。它之所以没有依次向南排列,主要可能是选择性地沿张性构造带侵入的结果。

区内的火山喷发活动主要集中在太古代—古生代,而且逐渐减弱。各岩浆旋迴的侵入活动不是简单地重复再现,而是依构造的发展而呈现规律性的演化。由此可见,该地区的多旋迴岩浆活动特征是显而易见的,其活动规律是:由元古代至印支期,侵入活动由北向南发展,之后又向北转移;侵入活动由弱渐强,火山喷发活动由强到弱;岩性上则由早期以中基性火山岩和侵入岩为主,后期演变为以中酸性侵入岩为主;规模上早期以中小型岩基、岩株为主,晚期以大型花岗岩基为主。

(五) 多旋迴变质作用

据地层中同位素年龄记时及变质特征,自太古代至三叠纪,至少有六个以上的变质期(见表)。但主要为三期:中条期、武陵期和加里东期。中条期华北地台基底固结,熊耳群发生绿片岩相变质作用,太华群和铁铜沟组发生继承性变质,太华群并强烈混合岩化,其中有大量 1564—1634 百万年的同位素年龄值。武陵期表现为宽坪群的绿片岩相变质作用及太华群和熊耳群的进一步变质。加里东期变质作用最为强烈,它影响到整个北秦岭地区,使下古生界发生绿片岩相变质作用,秦岭群,宽坪群变质分别达角闪岩相和绿片岩相至绿帘—角闪岩相,局部混合岩化。其它期次变质作用均较弱。总的特点是,由老到新从以区域变质作用为主,转为以构造—热变质作用及侵入接触变质作用为主。变质作用带也随构造带向南迁移,并逐渐减弱。其变质相带可大致划分为:地台区太华群为主的角闪岩相—麻粒岩相中高级变质带,祁连北秦岭褶皱系以秦岭群、宽坪群和下古生界为主体的绿片岩相—绿帘角闪岩相及角闪岩相的中级变质带,南秦岭褶皱系以上古生界为主体的绿泥石—绢云母相(带)的低级变质带。

此外结合岩浆侵入活动时期的热变质作用,至少有十几次以上的热变质事件发生,充分体现了北秦岭地区的多旋迴变质作用特点。

(六) 多旋迴成矿作用(以铀及其它矿产为例)

成岩成矿在很大程度上依赖于构造在时间、空间上的演变过程和内在规律,受各构造旋迴发展阶段的制约,并受古地理古气候及生物作用的影响,各时期总是相应产生与构造发展有生成联系的沉积建造或岩体的共生组合,各种成矿元素在其演变中运移分异,在相应的构造—建造中富集成矿。上述五个方面的多旋迴发展特征,为区内多旋迴的成矿作用奠定了基础。据区内铀矿化及有关矿产分布规律,大致可分五个成矿作用旋迴期,铀的富

陕西北秦岭地区多旋回构造运动与地质、矿化作用

表 4

地质年代		构造旋回	不整合面	岩浆活动			变质作用			热事件时限 (百万年)	矿化旋回 (阶段)
代	纪			岩体名称	强度	同位素年龄 (百万年)	主要地属	强度	同位素年龄 (百万年)		
新生代	Q	喜马拉雅	——	Y ₅ ² : 华山 老牛山 金堆城	——	{ 127 (K) * 133 (K) * 138 (K) * }	(热变质为主)	——	160 (K)	138—127	5 轴为表生成矿阶段 (淋积型为主)
	N										
	E										
中生代	K	燕山	——	Y ₃ ² : 宝鸡 太白 牧护关 蟒岭 南台	——	{ 161.160 (U) * 164 (K) * 172 (K) * }	(热变质为主)	——	160 (K)	172—150	4 轴 钼 (铜、铅、 锌、铁) 富集成矿 阶段 (热液或热 液改造型为主)
	J										
	T										
	P										
古生代	C	印支	——	Y ₃ ¹ : 关山 牛头山 东江 口 宁陕 佛坪 柞水	——	{ 179 (K) * 189 (U) * 206 (K) * 222 (U) * }	(低级区域变质 为主:) 泥盆系	——	——	222—179	4 轴 钼 (铜、铅、 锌、铁) 富集成矿 阶段 (热液或热 液改造型为主)
	D										
	S										
	O										
	E										
上元古	震旦纪	海西	——	Y ₄ : 长岭杂岩体 Y ₄ : 宝鸡 (早期) δ ₄ : 红花铺 唐藏	——	{ 309 (K) * 324 (K) * }	(动热变质为主) 下古生界, 宽坪 群, 秦岭群 (陶 湾群)	——	——	324—309	3 轴初步富集成矿 阶段 (沉积—沉积 变质型和热液型为 主) Cu Pb Zn Au 等元素也初步 富集
	奥陶纪										
	志留纪										
	泥盆纪										
	石炭纪										
中元古	青白口纪	加里东	——	Y ₂ ² : 灰池子 P: 高南 δ ₂ 小岩体 Σ ₂ : 松树 沟、草坪 Y ₃ ¹ : 高山寺 板庙子等 翠华山 岩湾等 Y ₃ 秦王山 四方台等	——	{ 385 (K) * 408 (U) * 415 (K) * }	(动热变质为主) 下古生界, 宽坪 群, 秦岭群 (陶 湾群)	——	——	415—385	3 轴初步富集成矿 阶段 (沉积—沉积 变质型和热液型为 主) Cu Pb Zn Au 等元素也初步 富集
	震旦纪										
	奥陶纪										
	志留纪										
	泥盆纪										
下元古	蓟县纪	兴凯	——	P ₂ : 洛南伟晶 岩脉 (?) Y ₂ ¹ 小河 Y ₂ : 张家坪	——	{ 499—492 (K) * 513 (K) * 543 (K) * }	(区域变质作用 为主) 宽坪群 熊耳群, 太华群	——	——	543—492 (K) *	2 轴 (金) 预富集阶 段 (表现为富铀碎 屑岩建造较为发育)
	长城纪										
	中条山										
	五台										
	阜平										
太古代	Ar	——	——	Y ₁ ¹ : 洛南伟晶 岩脉 (?) Y ₂ ¹ 小河 Y ₂ : 张家坪	——	{ 1307 (K) * 1366 (K) * 1404 (K) * }	(区域变质作用 为主) 宽坪群 熊耳群, 太华群	——	——	1404—1307	1 轴、金等成矿元素 原始分异微富集阶 段
	Ar										

说明: ——— 平行不整合

——— 角度不

——— 强

——— 次强

——— 弱

(U): 铀—铅年龄

(K) 钾—氩年龄

*: 等时线年龄

Y: 酸性岩

δ: 中性岩

v.B: 基性岩

Σ: 超基性岩

集成矿阶段主要在早古生代晚期（408百万年左右）、早白垩世（135—85百万年）和新生代（12百万年左右）三个时期（表4、图2）。

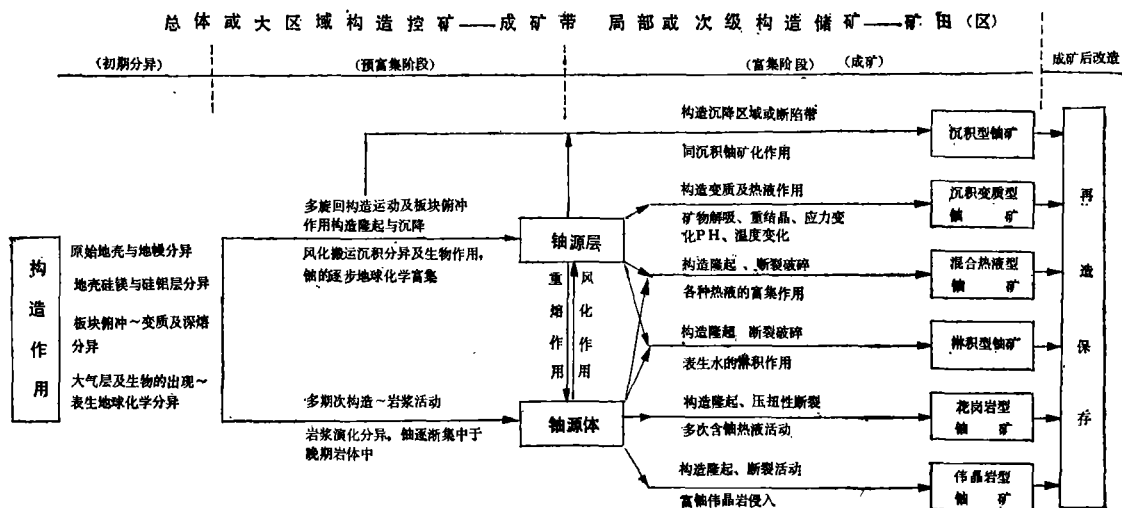


图2 陕西北秦岭地区构造作用与铀矿化关系简式

1. 太古代矿化旋迴期（铀原始分异阶段）

主要表现为太华群中的含铀碎屑岩建造。太华群形成于晚太古时期，故有一定沉积分异，铀初步微富集其中。据陕西224队资料，太华群之片麻岩平均含铀3.7ppm，尤其上太华群为含铀偏高层位，其中角闪黑云斜长片麻岩平均含铀5.5ppm。区内太华群中较多铀矿化异常点的分布亦可能与之较好的含铀性有关。延入于河南省的太华群赵案庄组，铁岭组及水底沟组之石墨斜长片麻岩、大理岩，一般含铀达3—10ppm，局部10—30ppm。

此外，太华群已发现规模可观的绿岩带型金矿，并有含铁硅质建造。虽然金的富集与后期构造—变质作用密切，但太华群中广布的含金绿岩带是成矿的物质前提。因此，铀、金是这一时期的主要矿化元素。

2. 早—中元古代矿化旋迴期（铀预富集阶段）

该期自由氧和微生物的大量出现，加快了铀的分异富集过程。华北地台此时由活动转为稳定的转化阶段，地槽开始发展，构造环境对铀的大规模迁移富集较为有利。下元古界铁铜沟组含铀4—14ppm，熊耳群含铀9—14ppm，其中之片岩局部达26ppm；中元古下高山河组含铀4.4—10ppm，宽坪群中下部有含铀15.8ppm的含炭片岩层位；秦岭群平均含铀4.1ppm，其中下部富铁泥质大理岩层位含铀10ppm；青白口系大庄组含铀平均7.5ppm，其中炭质板岩含铀12ppm。这些都说明了该阶段铀有了进一步富集。上述地层中分布有众多的铀矿化异常点，与该期含铀建造的大量发育有关。

另外，区内构造发展表明，太古界与早元古界之间虽有沉积间断并有风化壳存在，但由于地台基底此时尚未固结形成，活运性较大，故早元古初期不能形成南非含金铀砾岩型矿床。而地台基底形成（17亿年）之后，则又缺乏形成此类矿床的缺氧条件。因此，要在北秦岭地区寻找含金铀砾岩型铀矿床看来是可能性极小的。

3. 早古生代矿化旋迴期 (铀初步富集成矿阶段)

该时期大气圈接近现代, 生物大量发育, 地壳的分异改造加剧, 沉积建造和成矿作用也随之改变。区内在寒武纪之前发生了不同程度的海退及风化剥蚀, 因而该期海水中富含U、P、V、Co、Ni等元素。下寒武统及陶湾群中黑色有机沉积建造发育, 为铀的沉淀创造了条件。辛集组中有磷块岩层位, 以磷矿化为主, 含铀4.4ppm, 其中下部含炭碎屑岩含铀达13ppm。三道撞组以富铀的炭板岩建造为主, 含铀10.16ppm, 其中炭质粉砂岩含铀达31ppm, 地层中有密集的沉积—变质型铀矿化点, 具有较好的找矿意义。

该期构造—热动力变质作用较强, 形成加里东构造—岩浆带, 对铀的富集有较大影响。加里东晚期伟晶岩脉中有铀的矿化, 户县涝峪地区伟晶岩有较好的稀有—放射性异常。在西部邻区也有该期的铀矿化点分布。因此, 早古生代是沉积成矿和内生成矿的有利时期。

4. 晚古生代—中生代矿化旋迴期 (铀改造—富集阶段)

海西—印支构造期, 南秦岭普遍海浸, 构造环境平静, 有利于沉积分异使P、U、Fe、Mn等元素在低凹部位沉积成矿。例如泥盆系中有大西沟铁矿层位及大量沉积变质型硫铁矿形成。在北秦岭地区, 形成湖沼相含煤建造。强烈的印支运动使南秦岭海槽褶皱隆起, 岩浆活动频繁, 有Cu、Pb、Zn等热液型矿产的形成。

进入燕山期以后, 地壳活化作用使铀元素处于强烈活化运移阶段, 经过长期构造—岩浆演化历史, 铀、钼等成矿元素得以充分地分异富集, 因此与本期岩体 (尤其是晚期中酸性岩体) 有关的铀、钼、铜等矿化十分发育, 形成一些具有工业意义的Mo、U矿床, 是本区铀、钼及其它有关元素的主要富集成矿期。所测得的铀矿化年龄也比较多, 其范围在154—60百万年。

5. 新生代矿化旋迴期 (铀表生富集阶段)

该期主要表现在铀元素的表生改造作用。喜山旋迴期间, 区内形成一系列北东升降带, 气候湿热, 沉降带内断陷红盆发育, 有利于铀元素的表生改造富集。铀矿化多与近代盆地有空间上的关系, 矿化具有低温—常温, 小、散、广、浅等特点。这一时代的成矿年龄在8—12百万年之间, 如河南辛集组中淋积型781铀矿床, 成矿年龄为8.2百万年, 陕西401铀矿床为12百万年。

综上所述, 区内的多旋迴成矿作用明显, 并与多旋迴的构造发展密切相关。总的发展规律是: 地层中的矿产, 由太古界绿岩带中的金、铁等矿产为主转为与古生代富含有机质的碎屑岩、碳酸盐岩密切的铀、煤、磷等矿产为主; 岩浆中的矿产, 从与基性、超基性岩有关的铁铜多金属矿化向着亲石的稀有放射性等地壳型元素及与中酸性小岩体有关的Cu、Mo、Au、U等矿产演化。铀元素经多旋迴分异集中, 主要成矿期在中新生代。

三、北秦岭地区构造演化历史

根据区内各时代地层特征及其关系, 生物化石、岩浆活动、变质作用、成矿作用及同位素年龄, 可分为十二个构造发展旋迴和四个发展阶段。(表5、图3)

(一) 阜平—中条阶段 (晚太古—早元古代)

北秦岭及其邻区地层对比和构造发展简表

表 6

地质年代			层 序										比 对		构造发展演化	
			华北区		祁连山		北秦岭		北祁连		南秦岭		构造演化			
界	系	年 代	汾 渭 分 区	予西分区	北 秦 岭 分 区	北祁连	南秦岭	留坝河	留坝河	留坝河	留坝河	留坝河	留坝河	留坝河		
新生界	第四系	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	喜 马 拉 雅		
第三系	N	25 ± 2	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	晚 期		
中生界	白垩系	K ₂	K ₂	K ₂	K ₂	K ₂	K ₂	K ₂	K ₂	K ₂	K ₂	K ₂	K ₂	早 期		
中生界	侏罗系	J ₂	J ₂	J ₂	J ₂	J ₂	J ₂	J ₂	J ₂	J ₂	J ₂	J ₂	J ₂	印 度 洋		
中生界	三叠系	T ₁	T ₁	T ₁	T ₁	T ₁	T ₁	T ₁	T ₁	T ₁	T ₁	T ₁	T ₁	西 伯 利 亚		
古生界	二叠系	P ₂	P ₂	P ₂	P ₂	P ₂	P ₂	P ₂	P ₂	P ₂	P ₂	P ₂	P ₂	海 域		
古生界	石炭系	C ₂	C ₂	C ₂	C ₂	C ₂	C ₂	C ₂	C ₂	C ₂	C ₂	C ₂	C ₂	西 伯 利 亚		
古生界	泥盆纪	D ₂	D ₂	D ₂	D ₂	D ₂	D ₂	D ₂	D ₂	D ₂	D ₂	D ₂	D ₂	西 伯 利 亚		
古生界	志留纪	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃	晚 期		
古生界	奥陶系	O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	早 期		
古生界	寒武系	C ₁	C ₁	C ₁	C ₁	C ₁	C ₁	C ₁	C ₁	C ₁	C ₁	C ₁	C ₁	早 期		
元古界	震旦系	Z ₁	Z ₁	Z ₁	Z ₁	Z ₁	Z ₁	Z ₁	Z ₁	Z ₁	Z ₁	Z ₁	Z ₁	兴 隆 堡		
元古界	元古系	Pt ₁	Pt ₁	Pt ₁	Pt ₁	Pt ₁	Pt ₁	Pt ₁	Pt ₁	Pt ₁	Pt ₁	Pt ₁	Pt ₁	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₂	Pt ₂	Pt ₂	Pt ₂	Pt ₂	Pt ₂	Pt ₂	Pt ₂	Pt ₂	Pt ₂	Pt ₂	Pt ₂	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₃	Pt ₃	Pt ₃	Pt ₃	Pt ₃	Pt ₃	Pt ₃	Pt ₃	Pt ₃	Pt ₃	Pt ₃	Pt ₃	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₄	Pt ₄	Pt ₄	Pt ₄	Pt ₄	Pt ₄	Pt ₄	Pt ₄	Pt ₄	Pt ₄	Pt ₄	Pt ₄	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₅	Pt ₅	Pt ₅	Pt ₅	Pt ₅	Pt ₅	Pt ₅	Pt ₅	Pt ₅	Pt ₅	Pt ₅	Pt ₅	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₆	Pt ₆	Pt ₆	Pt ₆	Pt ₆	Pt ₆	Pt ₆	Pt ₆	Pt ₆	Pt ₆	Pt ₆	Pt ₆	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₇	Pt ₇	Pt ₇	Pt ₇	Pt ₇	Pt ₇	Pt ₇	Pt ₇	Pt ₇	Pt ₇	Pt ₇	Pt ₇	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₈	Pt ₈	Pt ₈	Pt ₈	Pt ₈	Pt ₈	Pt ₈	Pt ₈	Pt ₈	Pt ₈	Pt ₈	Pt ₈	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₉	Pt ₉	Pt ₉	Pt ₉	Pt ₉	Pt ₉	Pt ₉	Pt ₉	Pt ₉	Pt ₉	Pt ₉	Pt ₉	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₁₀	Pt ₁₀	Pt ₁₀	Pt ₁₀	Pt ₁₀	Pt ₁₀	Pt ₁₀	Pt ₁₀	Pt ₁₀	Pt ₁₀	Pt ₁₀	Pt ₁₀	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₁₁	Pt ₁₁	Pt ₁₁	Pt ₁₁	Pt ₁₁	Pt ₁₁	Pt ₁₁	Pt ₁₁	Pt ₁₁	Pt ₁₁	Pt ₁₁	Pt ₁₁	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₁₂	Pt ₁₂	Pt ₁₂	Pt ₁₂	Pt ₁₂	Pt ₁₂	Pt ₁₂	Pt ₁₂	Pt ₁₂	Pt ₁₂	Pt ₁₂	Pt ₁₂	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₁₃	Pt ₁₃	Pt ₁₃	Pt ₁₃	Pt ₁₃	Pt ₁₃	Pt ₁₃	Pt ₁₃	Pt ₁₃	Pt ₁₃	Pt ₁₃	Pt ₁₃	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₁₄	Pt ₁₄	Pt ₁₄	Pt ₁₄	Pt ₁₄	Pt ₁₄	Pt ₁₄	Pt ₁₄	Pt ₁₄	Pt ₁₄	Pt ₁₄	Pt ₁₄	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₁₅	Pt ₁₅	Pt ₁₅	Pt ₁₅	Pt ₁₅	Pt ₁₅	Pt ₁₅	Pt ₁₅	Pt ₁₅	Pt ₁₅	Pt ₁₅	Pt ₁₅	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₁₆	Pt ₁₆	Pt ₁₆	Pt ₁₆	Pt ₁₆	Pt ₁₆	Pt ₁₆	Pt ₁₆	Pt ₁₆	Pt ₁₆	Pt ₁₆	Pt ₁₆	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₁₇	Pt ₁₇	Pt ₁₇	Pt ₁₇	Pt ₁₇	Pt ₁₇	Pt ₁₇	Pt ₁₇	Pt ₁₇	Pt ₁₇	Pt ₁₇	Pt ₁₇	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₁₈	Pt ₁₈	Pt ₁₈	Pt ₁₈	Pt ₁₈	Pt ₁₈	Pt ₁₈	Pt ₁₈	Pt ₁₈	Pt ₁₈	Pt ₁₈	Pt ₁₈	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₁₉	Pt ₁₉	Pt ₁₉	Pt ₁₉	Pt ₁₉	Pt ₁₉	Pt ₁₉	Pt ₁₉	Pt ₁₉	Pt ₁₉	Pt ₁₉	Pt ₁₉	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₂₀	Pt ₂₀	Pt ₂₀	Pt ₂₀	Pt ₂₀	Pt ₂₀	Pt ₂₀	Pt ₂₀	Pt ₂₀	Pt ₂₀	Pt ₂₀	Pt ₂₀	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₂₁	Pt ₂₁	Pt ₂₁	Pt ₂₁	Pt ₂₁	Pt ₂₁	Pt ₂₁	Pt ₂₁	Pt ₂₁	Pt ₂₁	Pt ₂₁	Pt ₂₁	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₂₂	Pt ₂₂	Pt ₂₂	Pt ₂₂	Pt ₂₂	Pt ₂₂	Pt ₂₂	Pt ₂₂	Pt ₂₂	Pt ₂₂	Pt ₂₂	Pt ₂₂	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₂₃	Pt ₂₃	Pt ₂₃	Pt ₂₃	Pt ₂₃	Pt ₂₃	Pt ₂₃	Pt ₂₃	Pt ₂₃	Pt ₂₃	Pt ₂₃	Pt ₂₃	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₂₄	Pt ₂₄	Pt ₂₄	Pt ₂₄	Pt ₂₄	Pt ₂₄	Pt ₂₄	Pt ₂₄	Pt ₂₄	Pt ₂₄	Pt ₂₄	Pt ₂₄	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₂₅	Pt ₂₅	Pt ₂₅	Pt ₂₅	Pt ₂₅	Pt ₂₅	Pt ₂₅	Pt ₂₅	Pt ₂₅	Pt ₂₅	Pt ₂₅	Pt ₂₅	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₂₆	Pt ₂₆	Pt ₂₆	Pt ₂₆	Pt ₂₆	Pt ₂₆	Pt ₂₆	Pt ₂₆	Pt ₂₆	Pt ₂₆	Pt ₂₆	Pt ₂₆	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₂₇	Pt ₂₇	Pt ₂₇	Pt ₂₇	Pt ₂₇	Pt ₂₇	Pt ₂₇	Pt ₂₇	Pt ₂₇	Pt ₂₇	Pt ₂₇	Pt ₂₇	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₂₈	Pt ₂₈	Pt ₂₈	Pt ₂₈	Pt ₂₈	Pt ₂₈	Pt ₂₈	Pt ₂₈	Pt ₂₈	Pt ₂₈	Pt ₂₈	Pt ₂₈	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₂₉	Pt ₂₉	Pt ₂₉	Pt ₂₉	Pt ₂₉	Pt ₂₉	Pt ₂₉	Pt ₂₉	Pt ₂₉	Pt ₂₉	Pt ₂₉	Pt ₂₉	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₃₀	Pt ₃₀	Pt ₃₀	Pt ₃₀	Pt ₃₀	Pt ₃₀	Pt ₃₀	Pt ₃₀	Pt ₃₀	Pt ₃₀	Pt ₃₀	Pt ₃₀	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₃₁	Pt ₃₁	Pt ₃₁	Pt ₃₁	Pt ₃₁	Pt ₃₁	Pt ₃₁	Pt ₃₁	Pt ₃₁	Pt ₃₁	Pt ₃₁	Pt ₃₁	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₃₂	Pt ₃₂	Pt ₃₂	Pt ₃₂	Pt ₃₂	Pt ₃₂	Pt ₃₂	Pt ₃₂	Pt ₃₂	Pt ₃₂	Pt ₃₂	Pt ₃₂	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₃₃	Pt ₃₃	Pt ₃₃	Pt ₃₃	Pt ₃₃	Pt ₃₃	Pt ₃₃	Pt ₃₃	Pt ₃₃	Pt ₃₃	Pt ₃₃	Pt ₃₃	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₃₄	Pt ₃₄	Pt ₃₄	Pt ₃₄	Pt ₃₄	Pt ₃₄	Pt ₃₄	Pt ₃₄	Pt ₃₄	Pt ₃₄	Pt ₃₄	Pt ₃₄	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₃₅	Pt ₃₅	Pt ₃₅	Pt ₃₅	Pt ₃₅	Pt ₃₅	Pt ₃₅	Pt ₃₅	Pt ₃₅	Pt ₃₅	Pt ₃₅	Pt ₃₅	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₃₆	Pt ₃₆	Pt ₃₆	Pt ₃₆	Pt ₃₆	Pt ₃₆	Pt ₃₆	Pt ₃₆	Pt ₃₆	Pt ₃₆	Pt ₃₆	Pt ₃₆	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₃₇	Pt ₃₇	Pt ₃₇	Pt ₃₇	Pt ₃₇	Pt ₃₇	Pt ₃₇	Pt ₃₇	Pt ₃₇	Pt ₃₇	Pt ₃₇	Pt ₃₇	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₃₈	Pt ₃₈	Pt ₃₈	Pt ₃₈	Pt ₃₈	Pt ₃₈	Pt ₃₈	Pt ₃₈	Pt ₃₈	Pt ₃₈	Pt ₃₈	Pt ₃₈	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₃₉	Pt ₃₉	Pt ₃₉	Pt ₃₉	Pt ₃₉	Pt ₃₉	Pt ₃₉	Pt ₃₉	Pt ₃₉	Pt ₃₉	Pt ₃₉	Pt ₃₉	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₄₀	Pt ₄₀	Pt ₄₀	Pt ₄₀	Pt ₄₀	Pt ₄₀	Pt ₄₀	Pt ₄₀	Pt ₄₀	Pt ₄₀	Pt ₄₀	Pt ₄₀	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₄₁	Pt ₄₁	Pt ₄₁	Pt ₄₁	Pt ₄₁	Pt ₄₁	Pt ₄₁	Pt ₄₁	Pt ₄₁	Pt ₄₁	Pt ₄₁	Pt ₄₁	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₄₂	Pt ₄₂	Pt ₄₂	Pt ₄₂	Pt ₄₂	Pt ₄₂	Pt ₄₂	Pt ₄₂	Pt ₄₂	Pt ₄₂	Pt ₄₂	Pt ₄₂	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₄₃	Pt ₄₃	Pt ₄₃	Pt ₄₃	Pt ₄₃	Pt ₄₃	Pt ₄₃	Pt ₄₃	Pt ₄₃	Pt ₄₃	Pt ₄₃	Pt ₄₃	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₄₄	Pt ₄₄	Pt ₄₄	Pt ₄₄	Pt ₄₄	Pt ₄₄	Pt ₄₄	Pt ₄₄	Pt ₄₄	Pt ₄₄	Pt ₄₄	Pt ₄₄	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₄₅	Pt ₄₅	Pt ₄₅	Pt ₄₅	Pt ₄₅	Pt ₄₅	Pt ₄₅	Pt ₄₅	Pt ₄₅	Pt ₄₅	Pt ₄₅	Pt ₄₅	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₄₆	Pt ₄₆	Pt ₄₆	Pt ₄₆	Pt ₄₆	Pt ₄₆	Pt ₄₆	Pt ₄₆	Pt ₄₆	Pt ₄₆	Pt ₄₆	Pt ₄₆	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₄₇	Pt ₄₇	Pt ₄₇	Pt ₄₇	Pt ₄₇	Pt ₄₇	Pt ₄₇	Pt ₄₇	Pt ₄₇	Pt ₄₇	Pt ₄₇	Pt ₄₇	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₄₈	Pt ₄₈	Pt ₄₈	Pt ₄₈	Pt ₄₈	Pt ₄₈	Pt ₄₈	Pt ₄₈	Pt ₄₈	Pt ₄₈	Pt ₄₈	Pt ₄₈	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₄₉	Pt ₄₉	Pt ₄₉	Pt ₄₉	Pt ₄₉	Pt ₄₉	Pt ₄₉	Pt ₄₉	Pt ₄₉	Pt ₄₉	Pt ₄₉	Pt ₄₉	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₅₀	Pt ₅₀	Pt ₅₀	Pt ₅₀	Pt ₅₀	Pt ₅₀	Pt ₅₀	Pt ₅₀	Pt ₅₀	Pt ₅₀	Pt ₅₀	Pt ₅₀	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₅₁	Pt ₅₁	Pt ₅₁	Pt ₅₁	Pt ₅₁	Pt ₅₁	Pt ₅₁	Pt ₅₁	Pt ₅₁	Pt ₅₁	Pt ₅₁	Pt ₅₁	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₅₂	Pt ₅₂	Pt ₅₂	Pt ₅₂	Pt ₅₂	Pt ₅₂	Pt ₅₂	Pt ₅₂	Pt ₅₂	Pt ₅₂	Pt ₅₂	Pt ₅₂	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₅₃	Pt ₅₃	Pt ₅₃	Pt ₅₃	Pt ₅₃	Pt ₅₃	Pt ₅₃	Pt ₅₃	Pt ₅₃	Pt ₅₃	Pt ₅₃	Pt ₅₃	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₅₄	Pt ₅₄	Pt ₅₄	Pt ₅₄	Pt ₅₄	Pt ₅₄	Pt ₅₄	Pt ₅₄	Pt ₅₄	Pt ₅₄	Pt ₅₄	Pt ₅₄	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₅₅	Pt ₅₅	Pt ₅₅	Pt ₅₅	Pt ₅₅	Pt ₅₅	Pt ₅₅	Pt ₅₅	Pt ₅₅	Pt ₅₅	Pt ₅₅	Pt ₅₅	中 朝 地 台		
元古界	元古系	Pt ₅₆	Pt ₅₆	Pt ₅₆	Pt ₅₆	Pt ₅₆	Pt ₅₆ </									

是太华古陆（华北地台基底南部边缘部分，亦为秦岭山系北侧最老的成分）的形成阶段。经过该阶段，地台基底固结，地台和地槽环境逐渐分明。它包括三个构造发展旋迴期。

1. 阜平旋迴及更老（太古代）

时限 $>30(?) - 25 \pm 1$ 亿年。小秦岭地区沉积有太华群，豫西有登封群。太华群厚达万米以上，为一套深变质的中基性火山岩、碎屑岩夹碳酸盐建造，岩性多为片麻岩、变粒岩、混合岩、斜长角闪岩夹大理岩、石英岩。在此构造旋迴中可能有两次构造—热事件，如登封群中有29.86亿年和25.63亿年的同位素年龄，太华群中有24.11亿年的年龄等。25亿年左右，阜平运动主幕发生，太华群褶皱变质，形成东西褶皱带，太华古陆初具雏形。

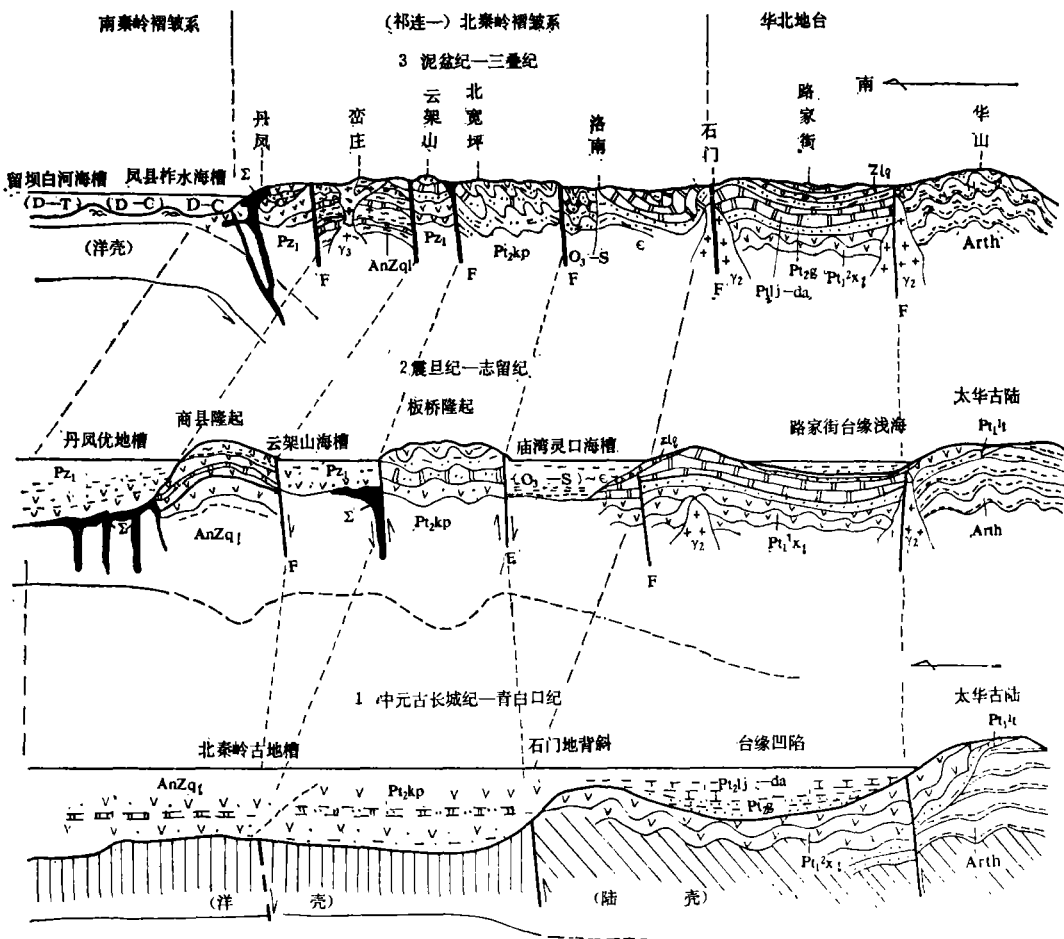


图 3 陕西北秦岭东段构造演化模式

Arth—太古界太华群；Pt₂g—下元古界铁铜沟组；Pt₂lx—下元古界熊耳群；Pt₂kp—中元古界宽坪群；Anzql—前震旦系秦岭群；Pt₂g—中元古界高山河组；Pt₂lj-da—中元古界龙家园组—大庄组；zlq—震旦系罗圈组

2. 五台旋迴（早元古代早期）

时限为25—19.5亿年。在太华古陆南部边缘海区沉积了铁铜沟组浅海相碎屑岩建造，

其角度不整合于太华群之上。据邻区资料, 该旋迴期至少有两次构造—热事件发生。第一期发生于21亿年左右, 第二期即19.5亿年左右的五台运动主幕发生期。五台运动使铁铜沟组褶皱, 太华群遭受又一次变质(邻区太华群中有18.32—19.83亿年的变质年龄值), 太华古陆与华北地区各古陆核可能已基本联成一体。

3. 中条旋迴(早元古代晚期)

五台旋迴之后, 华北地台基底已初具规模, 但尚未固结, 活动性较强, 太华古陆南侧及豫西一带边缘海区大量火山喷发, 沉积了熊耳群中基性—中酸性火山岩系。17亿年左右中条运动主幕发生, 熊耳群褶皱变质, 太华群也发生继承性褶皱。在太华群中有15.64和16.34亿年的K—Ar等时年龄值, 说明中条运动是十分强烈的。经中条运动, 太华古陆最终与华北地台其它古陆核固结在一起, 地台基底最终形成。

(二) 武陵—加里东阶段(长城纪—下古生代)

是祁连北秦岭褶皱系的形成和发展阶段。华北地台形成之后, 大规模陆壳形成并趋稳定, 台、槽环境分明, 构造活动向边部发展, 沉积建造发生分化, 北秦岭地区的多旋迴构造带迁移特征也更加明显。这一时期大体经过两个重要的发展亚阶段。

1. 武陵—杨子亚阶段(长城纪—早震旦纪)

即黄汲清教授等所论述的古中国地台之形成阶段, 北秦岭褶皱带内的宽坪群、秦岭群等中元古期地槽相沉积先后褶皱隆起, 构成“秦岭地轴”, 并与华北地台、杨子地台连接在一起, 古中国大陆形成。这一亚阶段经历了武陵、铁岭和杨子三个构造旋迴期。(图3)

(1) 武陵旋迴(长城纪)

时限大约为17—14亿年。华北地台南部边缘形成北秦岭海槽, 沉积了宽坪群巨厚(>1—2万米)的碎屑岩夹中基性火山岩及硅镁质碳酸盐建造。地台之上形成路家街地向斜和石门地背斜, 地向斜内发育了高山河组浅海相杂色碎屑岩建造, 第一套地台盖层开始发展。高山河组夹有数层紫红色砂页岩, 显示为炎热气候下强氧化环境的产物。14亿年左右, 武陵运动发生, 宽坪群褶皱隆起, 并受到绿片岩相变质作用, 形成宽缓向斜, 纸房板桥隆起带初步形成。在地台区则产生平缓上升作用, 造成了高山河组与上覆地层的平行不整合关系。

此期间宽坪群两侧的深大断裂带已开始活动。其中宝鸡—铁炉子—三要断裂带很可能是此期形成的板块缝合线。据西安地研所夏元祁研究认为, 这条俯冲带由南向北俯冲, 即秦岭古海板块俯冲于华北地台之下, 俯冲作用一直延续到加里东初期。伴随着构造运动和板块俯冲作用, 张家坪岩体沿地台边部侵入, 其Pb206/204—Pb207/204等时年龄为13.51亿年^①。

(2) 铁岭旋迴(蓟县纪)

时限为14—10亿年, 相当于龙家园—冯家湾组的沉积形成时间。冯家湾组中有相当于铁岭组的迭层石组合, 侵入于该组的小河岩体之锆石年龄为9.99亿年, 这与华北蓟县剖面铁岭组大致相当, 故采用铁岭旋迴一名。

该旋迴期间路家街地向斜仍继续发展, 以沉积硅质碳酸盐建造为主, 上部富含迭层

① 西北203研究所测定

石, 各组间多为整合或局部平行不整合关系, 说明地台区更加稳定, 仅以平静的升降运动为主。纸房板桥隆起带继续隆起剥蚀, 在其南侧, 草凉驿—云架山断裂带所控制的太白—商县海槽继续发展, 并为优地槽性质, 秦岭群很可能开始沉积。秦岭群下部层位所测之10亿年左右的Rb—Sr等时限年龄^①, 很可能就是该期构造旋回的记录。

(3) 扬子旋回(青白口纪—早震旦纪)

时限为10—7亿年, 在我国南方是扬子准地台的形成和发展阶段。它包括两个造山运动, 即晋宁运动和澄江运动。

晋宁运动: 发生于8.5亿年左右, 含有震旦纪古孢子的甘峪组与下伏秦岭群为角度不整合关系, 丹凤地区秦岭群中有8.31亿年的K—Ar等时线年龄, 宝鸡坪头宽坪群有8.49亿年的K—Ar年龄值, 均说明晋宁运动的存在。

在晋宁亚旋回期间, 地台之上路家街地向斜内沉积了大庄组含炭碎屑岩建造, 南部太白商县海槽内沉积了厚达万米以上的秦岭群中基性火山岩—碎屑岩建造。以往对秦岭群的时代归属分歧很大, 笔者认为, 根据上述同位素年龄值, 它不整合于震旦系之下, 本身为一套巨厚的优地槽相建造以及构造带迁移规律, 很可能属青白口系, 它应晚于宽坪群而老于震旦系。

8.5亿年左右, 晋宁运动强烈发生, 秦岭群褶皱隆起, 太白商县隆起带与纸房板桥隆起带连接起来, “秦岭地轴”形成, 北秦岭褶皱带初具规模。在地台之上, 第一套盖层沉积结束, 先后形成一套碎屑岩(高山河组)—硅镁质碳酸盐(龙家园—冯家湾组)—碎屑岩(大庄组)的沉积岩系, 总体构成一个完整的海进—海退的巨型沉积旋回, 从各组发育情况看, 海进方向自东而西, 海退方向自西而东。

澄江运动: 发生于7亿年左右。该亚旋回的主要地质记录为发育了富含震旦纪古孢子的甘峪组。甘峪组不整合于秦岭群和宽坪群之上, 岩性自下而上为砂砾岩、板岩、片岩及大理岩, 构成海进沉积旋回, 岩相及厚度(327—414米)都比较稳定, 似地台型盖层沉积。它很可能说明了, 随着晋宁运动的结束, 扬子地台初具雏形并与华北地台基本联在一起。澄江旋回期, 北秦岭隆起带在中间处于相对稳定阶段, 因而发育了甘峪组这种似地台盖层特点的地层。澄江运动后扬子地台最终形成并与华北地台组成古中国地台, 甘峪组则褶皱隆起形成宽缓对称的向斜构造。至此, 北秦岭褶皱带之中间隆起带基本定型, 第一发展亚阶段结束。

2. 兴凯—加里东亚阶段(晚震旦纪—早古生代)

是祁连北秦岭褶皱系最终形成阶段, 也是华北地台第二套盖层发育期, 时限为7—4.05亿年。它分为两个构造旋回发展期, 即兴凯旋回和加里东旋回。

(1) 兴凯旋回(晚震旦纪)

该旋回是《中国大地构造及其演化》一书(任纪舜、姜春发等1980年)中新建立的一个构造旋回, 时限为7—5.7亿年, 代表小兴安岭、滇西、西藏、印度支那等地兴凯褶皱带的形成时间及南沱冰碛组的沉积。区内罗圈组冰碛层的形成即是该旋回的记录。由罗圈组与上覆下寒武统辛集组多为平行不整合或假整合关系, 而辛集组底部局部(如河南辛集—岳

① 位于太白县下黑湾, 据陕西区测队资料。

村一带)有底砾岩存在,说明兴凯运动确实存在,但对本区影响并不强烈。经兴凯旋迴,古中国地台开始分化解体,祁连北秦岭褶皱系开始了新的发展时期。

(2) 加里东旋迴(早古生代)

是祁连北秦岭褶皱系发展史中最重要的一个时期。时限为5.7—4.05亿年。该旋迴初期,在南北向引张应力作用下,地台边缘区强烈活动,陆壳沿铁炉子—三要断裂带和草凉驿—云架山断裂带裂开,形成两个陆间地槽或狭长裂谷带。白云—丹凤断裂也强烈活动,使太白—商县隆起带与南秦岭古洋呈突变式接触,形成白云丹凤优地槽。这样,纸房板桥和太白商县两隆起带呈岛链展布于秦岭地槽中,形成了三槽夹两隆的构造环境(图3)。在华北地台区的路家街一带,陆壳下陷形成台缘浅海,开始了地台第二套盖层的沉积。

由于庙湾灵口海槽紧邻华北地台,构造过渡性强,裂陷带具冒地槽性质,先后沉积了寒武系含炭碎屑岩—镁质碳酸盐建造及上奥陶统一志留系(陶湾群)片状砾岩—泥质磷酸盐—碎屑岩建造。其中上奥陶统之片状砾岩似冰海落石相沉积(见前述),若如此,则其上覆的一套泥质碳酸盐建造恰好可解释为冰期后的海进沉积。

在草凉驿—云架山断陷带,海槽宽度可达数十公里至数百公里以上,断裂深达地幔,先后沉积有安坪组中基性火山岩,干江河组和月牙沟组的碎屑岩—碳酸盐建造,西部沉积有奥陶系草滩沟群中基性—中酸性火山岩。沿断裂带有超基性岩体侵入。

沿白云—丹凤断裂带形成的白云丹凤优地槽中火山活动十分强烈,基性—超基性岩浆大量涌出,构成一条明显的下古生界蛇绿岩套。在北祁连地区,为规模较大的优地槽带,发育有巨厚的(>14000米)下古生界中基性火山岩—碎屑岩夹碳酸盐建造。

北秦岭地区大量的同位素年龄资料以及地层关系表明,加里东旋迴期发生了两期强烈的构造运动。早加里东运动发生于5亿年左右的寒武纪末期—早奥陶世,使洛源石坡台缘带最后隆起定型,庙湾灵口海槽一度上升而造成陶湾群与寒武系的超复不整合关系。月牙沟组与干江河组之间的平行不整合及南秦岭寒武系与泥盆系直接接触,都可能是此期运动所形成。北秦岭两隆起带内有543—492百万年的K-Ar等时年龄,是这一运动的时间记录。晚加里东运动发生于志留纪,其等时年龄为415—385百万年。随着南秦岭古海板块由南向北的强烈推挤,并可能沿白云—丹凤断裂带发生俯冲作用,北秦岭海槽全部封闭褶皱上升。处于中间隆起带的秦岭群和宽坪群,受构造挤压和板块俯冲前缘热熔后上升浆液的强烈改造而发生进一步构造变形、变质和混合岩化,形成加里东构造—岩浆带,伟晶岩脉及有关矿化发育,秦岭群和宽坪群变质分别达角闪岩相和绿片岩—绿帘角闪岩相。

经过加里东旋迴,祁连北秦岭褶皱系与华北地台最终联为一体,并逐渐趋于稳定。

(三) 海西—印支阶段(晚古生代—三叠纪)

加里东旋迴之后,构造域向南迁移,开始了南秦岭褶皱系的形成阶段。(图3)南秦岭褶皱系的形成经过海西和印支两个构造旋迴。

1. 海西旋迴(晚古生代)

由前所述,自震旦纪之后,南秦岭海槽(古洋?)即已形成。紧邻北秦岭一侧的凤县—柞水一带构造活动性较强,奥陶纪—早泥盆世时曾先后上升为陆,因而程度不等的缺失此期地层沉积。自中泥盆世开始,凤县柞水冒地槽形成,其间又由震旦—奥陶系岛链分割为两个次级海槽,分别沉积了中上泥盆统和石炭系。由于构造的纵向迁移特点,沉积海

盆大致以佛坪—西安一线为支点作东西向“翘板式”运动。2.3亿年海西运动主幕发生,凤县柞水冒地槽褶皱带形成,并与北秦岭褶皱带成为一体,大陆向南增生。而在留坝—白河地区,广阔的海域一直在发展中,接受着自震旦系以后的各纪地原沉积。

本期岩浆活动相对比较弱,只有北秦岭地区的宝鸡—陇县一带有海西期中酸性岩体形成(宝鸡岩体粗粒黑云母花岗岩K-Ar等时年龄为324百万年)和东部有长岭杂岩体的形成(K-Ar等时年龄为309百万年),而这些岩体的形成,也很可能为加里东期板块俯冲作用的后继岩浆活动的产物。

在该旋迴期间,北秦岭原有大断裂带又发生活动,形成陆间断陷带并分别有粉笔沟组陆相碎屑岩和二叠系含煤建造形成。

2. 印支旋迴(三叠纪)

该旋迴是南秦岭地区最重要的构造发展期,经印支旋迴,留坝白河海槽最终封闭,海水退出全区,南秦岭褶皱系形成,华北地台与扬子准地台重新连接为一体。

此期的构造—岩浆活动较为强烈,形成东西向印支期构造—岩浆带,并对北秦岭地区有较大影响,陇县地区的关山—牛头山岩体于此期形成,其富集铀在接触带含量增高,局部达9.4ppm。

(四) 燕山—喜山阶段(侏罗纪—新生代)

印支旋迴后,中国南北成为整块陆地,地壳运动改变了方向的方式,转入了滨太平洋构造域和特提斯—喜马拉雅构造域联合作用的发展阶段。经燕山和喜山两个构造旋迴的改造,最终形成了北秦岭地区目前复杂的构造格局。

1. 燕山旋迴(侏罗纪—白垩纪)

燕山旋迴在区内表现有两次重要的构造运动,可分为早、晚两个构造亚旋迴。

早燕山旋迴期:在滨太平洋和特提斯两构造域的强大合应力下,地壳强烈活化,区内地热流增高,大量中酸性岩浆侵入,形成宝鸡、太白、牧护关和蟒岭等大型花岗岩体,构成东西向燕山早期构造—岩浆带。其侵入时间多在164—150百万年之间,反应早燕山运动主幕发生时间。在断陷带内,局部有(T_3-J_2)和 J_2 (龙家沟组)的陆相砂砾岩沉积,缺失上侏罗统。这也证明了早燕山运动的存在。

晚燕山旋迴期:西部特提斯—喜山构造域已向西南远移,其挤压作用对区内影响减弱,而滨太平洋构造域活动增强。因此,形成一系列北东向隆起带和沉降带,北东向断裂也十分发育。其中沉降带与东西向大断断交汇部分,产生一系列北东向展布的串珠状断陷或凹陷盆地,沉积有白垩系河湖相碎屑岩建造,并有煤层形成。在隆起带内,开放的构造条件为岩浆提供了侵入空间和热量散失场所,如华山—四方山隆起带,有华山、老牛山、兰田等大型酸性岩体形成,原有的牧护关等岩体也有大量补体侵入,构成北东向岩浆带。该期岩体形成时间在138—127百万年之间,加之地层主要为下白垩统,其运动主幕应为早白垩世末至晚白垩世。

燕山期酸性岩浆活动对北秦岭地区如铀、钼、铜等金属矿产的形成起着极为重要的作用,成矿元素经过多期构造—岩浆旋迴的发展演化而逐步富集,使燕山旋迴尤其是晚期成为北秦岭地区主要成矿期。

2. 喜马拉雅旋迴期(新生代)

该阶段继承了燕山期构造运动的特点，使北东向升降带更加明显，断块的上升和陷落更加强烈。渭河地堑自第三纪以来局部已深陷达五千米以上，基底轮廓为北浅南深的“箕”状。从卫片影象特征解译，渭河河道已总体上由北向南多次迁移。其中沉积有巨厚的第三系和第四系砂砾岩和黄土堆积，形成著名的八百里秦川。骊山断隆则相对凸起，成为闻名中外的风景区。

由上、下第三系之间的不整合及第三系和第四系之间的不整合关系，说明新生代以来至少有过两次构造运动。在西安附近的钻孔中第三系地层有玄武质凝灰岩，地震不断发生，地热异常及温泉成带分布，都说明喜山期构造运动及火山活动不但存在，而且是较为强烈的。

以上是我们运用多旋迴构造发展学说来解释北秦岭地区构造发展特征的一次初步尝试。黄汲清和李春昱教授等许多同志都对此有过论述，此文只不过是在构造细节上的一点认识。由于我们对多旋迴构造理论理解的不深，文中的不当之处，敬请阅者不吝指正。

在形成此文主要观点的过程中，曾得到地科院地质所任纪舜研究员的热情指点，陕西区测队的同志给予了不少帮助，本所施文静高级工程师、西北地勘局赵致和工程师、陕西地质局弥建勇工程师和西安地矿所刘廉清工程师都提出了许多宝贵意见，图件向秀荣、马佩琳等同志清绘，在此一并致以深切的谢意。

主要参考文献

- 〔1〕 任纪舜、姜春发等，1980年，中国大地构造及其演化，科学出版社。
- 〔2〕 李春昱，1979，板块构造与多旋迴构造运动。地质学报，五十三卷，第四期。

CHARACTERISTICS OF THE STRUCTURES IN THE NORTHERN QINLING MOUNTAINS AREA IN SHAANXI PROVINCE AND THEIR EVOLUTIONAL HISTORY

Dai Wenhan and Jin Caikun

Abstract

The Northern Qinling Mountains area in central Shaanxi is located in a relatively peculiar tectonic position. Its northern part belongs to the Sino-Korean platform, while its southern part the Qilian-Qinling geosyncline. It has undergone the effects of almost all previous tectonic movements. As a result, in the area the tectonism, magmatism and metamorphism are very strong, the tectonic movements are especially complex, and mineral resources of various kinds are quite rich.

In view of such complex geological processes, the authors used the theory and method of polycyclic tectonics founded by Prof. Huang Jiqing, drew on the theory of plate tectonics and based themselves on such geological records as the stratigraphy, contact relationships, lithofacies and formations, biotic fossils, metamorphism, magmatism, tectonism, isotopic ages and mineralization to divide the history of tectonic evolution in the area into 12 tectonic cycles and 4 development stages. Such division is relatively objective.

In elucidating the history of tectonic evolution, this paper deals with the evolution of uranium in more detail. In the Precambrian, uranium deposits were not formed and the uranium content was not high in the terranes, but the folding and uplift of the Qilian-Qinling geosyncline gave rise to the Caledonian Northern Qinling tectono-magmatic belt and uranium mineralization of pegmatite type. Since the Mesozoic, the area had been strongly affected by the tectonism of the Tethyan and circum-Pacific tectonic domains, thus forming the early Yanshanian E-W-trending tectono-magmatic belt and the late Yanshanian NNE-trending tectono-magmatic belt. Under the effects of such tectonism, uranium was continuously mobilized and migrated, and was precipitated in favourable structural positions, thus forming a number of uranium occurrences or mineralizations in the E-W-trending tectono-magmatic belt and the major 401 uranium deposits and some minor uranium deposits and occurrences in places where the two belts are superimposed. So the Yanshanian cycle is an important metallogenic epoch of uranium in the area.

In summary, the use of the polycyclic tectonic theory may better reveal the history of the crustal evolution and uranium mineralization in the area and yields better results in the prediction of uranium deposits.