

doi: 10.12029/gc20160319

张振利, 张鑫全, 魏文通, 等. 冀京津地区燕山构造旋回岩石圈演化探讨[J]. 中国地质, 2016, 43(3): 969–976.

Zhang Zhenli, Zhang Xinquan, Wei Wentong, et al. A discussion on lithosphere evolution of Yanshan tectonic cycle in Hebei– Beijing– Tianjin region[J]. Geology in China, 2016, 43(3): 969–976(in Chinese with English abstract).

冀京津地区燕山构造旋回岩石圈演化探讨

张振利^{1,2} 张鑫全¹ 魏文通¹ 潘志龙¹ 刘 策¹ 徐焱焱¹ 田粉英¹ 赵玮莹¹

(1.河北省区域地质矿产调查研究所,河北 廊坊 065000;2.石家庄经济学院,河北 石家庄 050031)

摘要:冀京津地区燕山构造旋回岩石圈的演化构成一个完整的构造演化旋回,岩石圈经历了晚三叠世早期拉张裂解(非造山)、晚三叠世晚期稳定过渡(前造山)、早侏罗世至早白垩世中期挤压板内造山(同造山)、早白垩世晚期至古新世稳定过渡(后造山)的发展演化阶段。在燕山构造旋回板内造山过程中,原有克拉通型岩石圈被强烈改造与再造,形成新的造山型岩石圈,这是燕山构造旋回最为重要的内容和板内造山的实质性结果。

关键词:冀京津地区;燕山构造旋回;岩石圈演化;板内造山;改造与再造

中图分类号:P542.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1000–3657(2016)03–0969–08

A discussion on lithosphere evolution of Yanshan tectonic cycle in Hebei– Beijing– Tianjin region

ZHANG Zhen–li^{1,2}, ZHANG Xin–quan¹, WEI Wen–tong¹, PAN Zhi–long¹,
LIU Ce¹, XU Yan–yan¹, TIAN Fen–ying¹, ZHAO Wei–ying¹

(1. Hebei Institute of Regional Geological and Mineral Resource Survey, Langfang 065000, Hebei, China;

2. Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang 050031, Hebei, China)

Abstract: The lithospheric evolution of Hebei– Beijing– Tianjin region constitutes a complete tectonic evolution cycle. The lithosphere experienced multi– stage evolution, comprising tension cracking (non– orogenic) at the early stage of Late Triassic, stable transition at the late stage of Late Triassic (pre– orogenic), squeeze intraplate orogeny between the Early Jurassic and middle stage of Early Cretaceous (sym– orogenic), and stable transition during Cretaceous– Paleocene (post– orogenic). During the intraplate orogenic process of Yanshan tectonic cycle, the original cratonic lithosphere was strongly transformed and rebuilt, and formed a new orogenic lithosphere, which seems to have been the most important content of the Yanshan tectonic cycle and the substantive result of intraplate orogeny.

Key words: Hebei– Beijing– Tianjin region; Yanshan tectonic cycle; evolution of lithosphere; intraplate orogeny; transformation and rebuilding

About the first author: ZHANG Zhen– li, male, born in 1956, professor, long engages in the study of regional geological and

收稿日期:2015–09–06;改回日期:2016–01–25

基金项目:中国地质调查局项目“河北省北京市天津市区域地质志”(1212010911013)资助。

作者简介:张振利,男,1956年生,教授级高级工程师,长期从事区域地质矿产调查与研究;E-mail:qdsdksc@163.com。

mineral resource survey; E-mail: qdsdksc@163.com.

Fund support: Supported by China Geological Survey Program “the Regional Geology of the Beijing Municipality, Tianjin Municipality and Hebei Province” (No. 1212010911013).

著名的燕山运动就命名于冀京津地区的燕山一带。以往把燕山旋回的时代定为侏罗纪至白垩纪,并分为5个构造幕^①。根据区域地质构造等资料的综合分析和参照中国区域地质志工作指南^②,本文将燕山构造旋回的时代定为晚三叠世至古新世,年龄时限为228.7 Ma^③~55.8 Ma^③。燕山构造旋回是本区地史中一个极为重要的发展演化阶段,突出的表现是强烈活动、板内造山、原有克拉通型岩石圈被强烈改造与再造,并形成新的造山型岩石圈。可分为燕山早期、燕山中期、燕山晚期及燕山末期4个阶段或亚构造旋回。经历了晚三叠世早期拉张裂解(非造山)→晚三叠世晚期稳定过渡(前造山)→早侏罗世板内造山初期(开始挤压的同造山)→中侏罗世板内造山加强期(挤压加强的同造山)→晚侏罗世板内造山激化期-早白垩世早期板内造山鼎盛期(主期强烈挤压的同造山)→早白垩世中期板内造山减弱期(挤压减弱的同造山)→早白垩世晚期-古新世稳定过渡(后造山)的发展演化过程,不同阶段有相应的建造和改造形成。该旋回不仅是煤矿等沉积矿产的重要成矿期,尤其是岩浆型、岩浆热液型、斑岩型、接触交代型、火山岩浆热液型多金属矿产的极重要成矿期,可谓各类金属矿产的爆发成矿期。

在不同地质历史时期中,促使岩石圈演化的主导因素是地球内动力体系,地球外动力体系是其次因素。不同时期建造与改造的形成及岩石圈的演化是以地球内动力体系为主、外动力体系为辅共同作用的结果。内动力体系是在地球自转与公转制约下,主要通过地幔软流圈的活动与稳定状态的转变来实现的。参照Pirajno地幔软流圈对流模式^②、许志琴等青藏高原深地幔结构及动力学模式图^③、蔡学林等东亚西太平洋巨型裂谷体系(中段)岩石圈与软流圈结构图^④,本文基于地幔软流圈的活动与稳定状态的转变,即以大型造山带之下为轴

地幔软流圈呈相向对流和下降状态,以大型典型裂谷带和大洋扩张带之下为轴地幔软流圈呈反向对流和上涌状态,在前造山和后造山过渡时期地幔软流圈呈相对稳定状态,来探讨燕山构造旋回岩石圈的演化过程。

1 晚三叠世燕山早期

1.1 晚三叠世早期燕山早期较早阶段

进入晚三叠世早期,地幔软流圈经过印支晚期(中三叠世晚期)的稳定调整过渡后开始进入了近SN向(NNW-SSE向)反向对流状态,引发了近SN向(NNW-SSE向)伸展拉张运动,使早期岩石圈发生裂解,多数前期断裂复活作张性差异活动,标志着一个新的构造演化旋回的开始。

该时期在一些陆内裂陷盆地或继承性盆地中(如下板城-小寺沟、滦平大石棚、下花园及北京西山)有杏石口组下部地层形成,为一套山麓冲洪积扇相夹湖相碎屑岩建造。在断裂带、韧性变形带中有拉张型构造岩形成。区内发育较多的侵入岩(面积708.6 km²),其形成与分布明显受张性断裂活动控制。侵入岩由超基性、基性、中酸性及酸性岩组成,具有非造山型双峰式侵入岩的特点;表明晚三叠世早期本区处于非造山的拉张构造环境(表1)。

1.2 晚三叠世晚期燕山早期较晚阶段

该时期地幔软流圈与岩石圈整体处于相对稳定状态,在一些继承性盆地中有杏石口组上部地层形成,为一套湖相夹山麓冲洪积扇相碎屑岩建造。区内发育少量侵入岩(面积87.3 km²),由偏碱性、碱性岩组成,具有过渡型侵入岩的特点,表明晚三叠世晚期本区处于相对稳定的过渡环境(表1)。

2 侏罗纪燕山中期

从早侏罗世逐步开始,地幔软流圈逐步向欧亚大陆(板块)之下相向对流,欧亚大陆(板块)外围的

①中国地质调查局基础调查部,中国地质科学院地质研究所.中国区域地质志工作指南[R]. 2012.

②国际地层表,2010.

③中国地层表,2011.

表 1 晚三叠世—古新世燕山旋回综合特征划分
Table 1 The division of Late Triassic—Paleocene Yanshanian cycle integrated features

时代	T ₃	J ₁	J ₂	J ₃	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	E
年龄时限/Ma	228.7~216.5	199.6~180.0	180.0~162.8	162.8~145.5	145.5~134.0	134.0~120.1	120.1~99.6	99.6~83.7	83.7~65.0	65.0~55.8
亚旋回	燕山早期亚旋回YSI									
小旋回	I ₁	YSI ₁	YSI ₂	YSI ₆	YSI ₁₁	YSI ₁₂	YSIV ₁	YSIV ₂	燕山末期亚旋回YSIV	
构造属性	非造山 拉张裂解期	同造山(板内)								
主应力与活动状态	近SN向主拉张 拉张裂解	初期	加强期	激化期	鼎盛期	减弱期	调整过渡期	稳定过渡期	后造山	
	无或弱拉张 无或弱挤压 稳定	太平洋板块俯冲挤压, 华北陆块板内造山		NW-SE向挤压造山		NW-SEE向挤压造山		无或弱挤压		
		开始挤压	挤压加强	强烈挤压	挤压减弱	相对稳定				
构造层	燕山构造层									
亚构造层	中燕山亚构造层									
沉积建造	早燕山亚构造层	晚燕山亚构造层								
火山岩建造	山麓冲积扇相 湖相碎屑岩建造	内陆河湖相碎屑岩建造 (局部含煤或含油页岩)								
	双峰式超基性、基性、 酸性侵入岩 与成因类型 及分布面积 /km ²	基性、中性、 酸性侵入岩	中性、酸性、 酸性侵入岩	基性、中性、 酸性侵入岩	基性、中性、 酸性侵入岩	中性、酸性、 偏碱性火山岩	偏碱性、 碱性侵入岩	偏碱性、 碱性侵入岩	I型、A型	
构造环境	708.6	481.7	1271.5	458.8	1346.1	2702.1	1639.8	201.6	大陆整体隆起 过渡环境	
构造环境	内陆裂陷或继承性盆 地, 拉张环境	陆内挤压继承性和上叠性盆地, 陆内或板内造山环境								
构造变形	拉张断裂、韧性变形及 相应构造岩	挤压断裂、韧性变形与相应构造岩、褶皱								
变质作用	蚀变及接触变质	蚀变及接触变质								
地壳	活动状态、上叠构造层之燕山构造层形成									
地幔岩石圈	活动状态, 主要是挤压裂解与分化、相对减薄、改造前期地幔岩石圈(方辉橄辉岩型), 形成新的地幔岩石圈(方辉橄辉岩与二辉橄辉岩混合型)									
重要成矿作用	是区内最重要的内生金属矿成矿期(爆发成矿期), 如铁矿(邯郸式、滦源式)、铜铅矿(寿王坟式、小寺沟式、木吉沟式、木吉村式)、铅锌矿(蔡家营式、轿顶山式、连巴岭式)、锌相矿(大湾式、磷矿(矾山式)); 早侏罗世和早白垩世是较重要的煤、油页岩成矿期									

太平洋、印度洋、大西洋—北冰洋不断扩张,使欧亚大陆(板块)逐步处于四面受挤汇聚、整体收缩隆起状态。本区主要受太平洋扩张、洋脊扩张带以西的太平洋板块(太平洋西部板块)向华北陆块之下俯冲挤压的动力学体系制约。

本区在早侏罗世至晚白垩世期间,共有20个陆内挤压继承性盆地与新生挤压拗陷上叠性盆地及两期褶皱构造逐步形成。这些盆地和褶皱构造除少数受基底构造制约呈近EW向展布外,绝大多数呈NE、NNE向展布,与大兴安岭—太行山板内造山带的展布方向一致,体现了滨太平洋构造的特性。

2.1 早侏罗世板内造山初期

早侏罗世时期,地幔软流圈经过晚三叠世晚期的稳定调整后,以太洋洋脊之下为轴开始反向对流,以大兴安岭—太行山一线之下为轴开始相向对流;促使太平洋洋脊扩张带开始不均衡扩张(南部扩张幅度大,北部扩张幅度小),洋脊扩张带以西的太平洋板块(太平洋西部板块)向NW、向华北陆块之下逐步挤压俯冲,从而使本区进入了NW-SE向挤压板内造山的初期阶段;区内大部分断裂,尤其是NE向与NNE向区域断裂(F15-F19等)复活或新生作压性逆冲活动(图1)。

该时期在一些陆内挤压继承性盆地与新生挤压拗陷上叠性盆地中(如棋盘山—苏家店、滦平—承德、平泉—新杖子、张家口、门头沟等盆地)有南大岭组、下花园组形成。南大岭组主要由基性、中性及酸性火山岩组成,局部夹有沉积岩层。下花园组为一套河湖相碎屑岩含煤建造。区内发育少量侵入岩(面积481.7 km²),由基性、中性、酸性岩组成。火山岩与侵入岩均具有造山型单峰式岩浆岩的特点,表明从早侏罗世早期开始本区进入了板内或陆内造山初期阶段,并有部分挤压型韧性变形带及相应构造岩等形成(表1)。

2.2 中侏罗世板内造山加强期

中侏罗世时期,随着太平洋洋脊扩张带的扩张幅度与洋脊扩张带以西的太平洋板块(太平洋西部板块)俯冲幅度的加大,本区进入了板内造山加强期,断裂与岩浆活动不断加强。在大多数陆内挤压继承性盆地与新生挤压拗陷上叠性盆地中有九龙山组、髫髻山组下部形成。九龙山组为一套河湖相碎屑岩建造,局部有中酸性火山岩夹层。髫髻山组

下部主要由基性、中性火山岩组成,局部夹有沉积岩层;在分布上髫髻山组要广于南大岭组,表明火山活动也在加强。区内发育较多的侵入岩(面积1271.5 km²),由中性、酸性岩组成;在分布面积上中侏罗世侵入岩大大多于早侏罗世侵入岩。火山岩与侵入岩均具有造山型单峰式岩浆岩的特点,整体表明本区在中侏罗世处于板内或陆内造山加强阶段,并有部分挤压型韧性变形带及相应构造岩等形成(表1)。

2.3 晚侏罗世板内造山激化期

晚侏罗世时期,尤其是晚侏罗世晚期,随着太平洋洋脊扩张带的扩张幅度与洋脊扩张带以西的太平洋板块(太平洋西部板块)俯冲幅度的进一步加大加剧,使本区进入了板内造山激化期;褶皱运动加强,断裂活动强烈,尤其是逆冲推覆运动极为强烈。在大多数陆内挤压继承性盆地与新生挤压拗陷上叠性盆地中有髫髻山组上部、土城子组形成。髫髻山组上部主要由中性和酸性火山岩组成,局部夹有沉积岩层;在分布上进一步扩大。土城子组为一套河湖相碎屑岩建造,局部有中酸性火山岩夹层。区内发育侵入岩(面积458.8 km²),由基性、中性、酸性岩组成。火山岩与侵入岩均具有造山型单峰式岩浆岩的特点,整体表明本区在晚侏罗世处于板内或陆内造山激化阶段,并有挤压型韧性变形带及相应构造岩、褶皱、大部分逆冲推覆构造及张家口组与其下伏地质体之间的角度不整合界面等形成(表1)。

3 早白垩世早期—中期燕山晚期

3.1 早白垩世早期板内造山鼎盛期

早白垩世早期,随着太平洋洋脊扩张带的扩张幅度与洋脊扩张带以西的太平洋板块(太平洋西部板块)俯冲幅度的达到顶峰状态,使本区进入了板内造山鼎盛期;断裂与岩浆活动最为强烈。该时期因地幔软流圈的不均衡对流与太平洋洋脊的不均衡扩张(南部扩张幅度相对小,北部扩张幅度相对大),使洋脊扩张带以西的太平洋板块(太平洋西部板块)的俯冲挤压方向由侏罗纪时期的NW向转为NWW向。这就是区域上在侏罗纪时期为NW-SE向挤压的板内造山和形成相应的主构造线呈NE-SW向展布,进入了早白垩世时期转为NWW-SEE

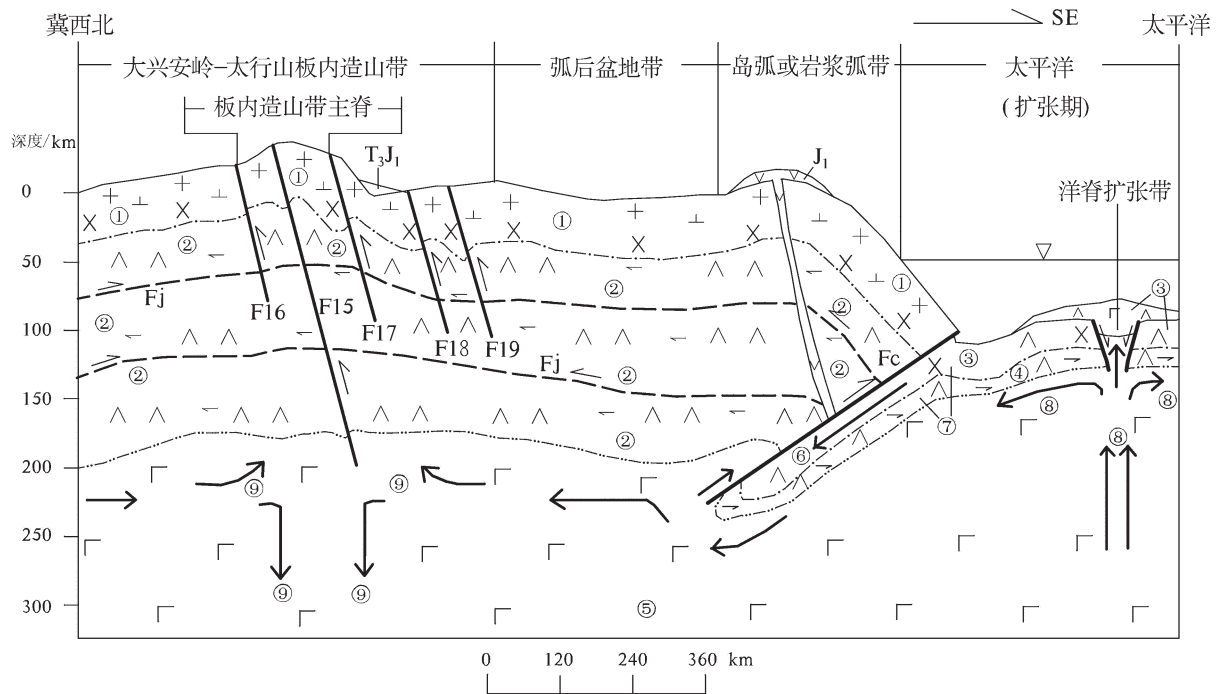


图1 早侏罗世板内造山初期岩石圈与地幔软流圈动力学模型示意图

J₁—岛弧或岩浆弧带上早侏罗世火山岩地层及火山通道; T₃J₁—晚三叠世杏石口组与早侏罗世南大岭组等; F15—上黄旗—灵山区域断裂; F16—鱼儿山—下花园区域断裂; F17—荒地—密云区域断裂; F18—苇子沟—三屯营区域断裂; F19—祖山区域断裂; Fc—太平洋西部板块俯冲带主断裂; Fj—地幔岩石圈在板内造山初期形成的顺层剪切断裂; ①—克拉通型岩石圈之以TTG组合为主型地壳; ②—克拉通型岩石圈之方辉橄榄岩型地幔岩石圈; ③—太平洋洋壳; ④—太平洋地幔岩石圈; ⑤—地幔软流圈; ⑥—太平洋西部板块俯冲带及俯冲方向; ⑦—太平洋西部板块; ⑧—太平洋洋脊扩张带之下地幔软流圈呈反向对流和上涌状态; ⑨—大兴安岭—太行山板内造山带主脊之下地幔软流圈呈相向对流和下降状态

Fig. 1 The dynamic model schematic map of Early Jurassic lithosphere and asthenosphere at the beginning of intraplate orogeny J₁—Jurassic volcanic formation and volcanic conduit arc or magma arc belts; T₃J₁—Late Triassic Xingshikou Formation and Early Jurassic Nandaling Formation and some other formations; F15—Shanghuangqi—Lingshan regional fault; F16—Yuershan—Xiahuayuan regional fault; F17—Huangdi—Miyun regional fault; F18—Weizigou—Santunying regional fault; F19—Zushan regional fault; Fc—The main fracture of the western subduction zone of the Pacific plate; Fj—The consequent layer shear fracture of mantle lithosphere formed at the early stage of intraplate orogeny; ①—The crust mainly composed of TTG combination in the cratonic lithosphere; ②—The harzburgite type mantle in the cratonic lithosphere; ③—The Pacific oceanic crust; ④—The Pacific lithospheric mantle; ⑤—The asthenosphere; ⑥— The subduction zone and direction of the western Pacific plate; ⑦—The western Pacific plate; ⑧—The asthenosphere under the Pacific ridge expansion belt showing reverse convection and upwelling state; ⑨—The asthenosphere under the Da Hinggan Mountains - Taihang Mountain intraplate orogenic belt showing convection and falling state

向挤压的板内造山和形成相应的主构造线呈NNE-SSW向展布的根本原因。

该时期在一大批陆内挤压继承性盆地与新生挤压拗陷上叠性盆地中有张家口组形成,主要由中性、酸性及偏碱性火山岩组成,局部有沉积夹层;张家口组在分布范围上急剧扩大,其分布面积在中生代地层中占居首位,表明张家口期的火山活动最为强烈。区内发育大量侵入岩(面积1346.1 km²),由基性、中性、酸性岩组成;在分布面积上急剧扩大。火山岩与侵入岩均具有造山型单峰式岩浆岩的特点,整体表明本区在早白垩世早期处于板内或陆内

造山最为强烈的阶段——鼎盛期,并有部分挤压型韧性变形带及相应构造岩、少量逆冲推覆构造等形成(见表1)。

3.2 早白垩世中期板内造山减弱期

早白垩世中期,随着太平洋洋脊扩张带的扩张幅度与洋脊扩张带以西的太平洋板块(太平洋西部板块)俯冲幅度开始减小,本区也进入了板内造山相对减弱期;断裂与岩浆活动仍较强烈。在部分陆内挤压继承性盆地中有大北沟组、义县组及九佛堂组形成。大北沟组与九佛堂组以河湖相碎屑岩建造为主,有少量中酸性火山岩夹层,局部见油页岩

夹层。义县组主要由中性、酸性及偏碱性火山岩组成,局部有沉积夹层;义县组相对张家口组在分布范围上急剧减小,表明该阶段火山活动急剧减弱。区内发育大量侵入岩,由基性、中性、酸性及偏碱性岩组成;在分布面积上达到最大(面积2702.1 km²),显示了本区在早白垩世中期火山活动进入了晚期(急剧减弱期)而岩浆侵入活动进入了高峰期的岩浆活动特点。火山岩与侵入岩均具有造山型单峰式岩浆岩的特点,整体表明本区在早白垩世中期处于板内或陆内造山减弱阶段,并有部分挤压型韧性变形带及相应构造岩、少量逆冲推覆构造及褶皱等形成(表1)。

4 早白垩世晚期—古新世燕山末期

4.1 早白垩世晚期—晚白垩世早期后造山调整过渡期

早白垩世晚期—晚白垩世早期,随着太平洋洋脊扩张带扩张停止或接近于停止还有极微弱的扩张,与洋脊扩张带以西的太平洋板块(太平洋西部板块)俯冲停止或接近于停止还有极微弱的俯冲,本区进入了板内造山期后的后造山调整过渡阶段。火山活动完全停止,还有岩浆侵入活动。在少数陆内挤压继承性盆地中有早白垩世晚期青石砬组与晚白垩世早期南天门组形成。青石砬组与南天门组为一套河湖相碎屑岩建造,局部含煤。受早白垩世中期挤压运动的影响,岩浆侵入活动仍在继续,早白垩世晚期侵入岩分布面积为1639.8 km²,晚白垩世早期侵入岩分布面积为201.6 km²,显示了急剧减弱的特征。两个时期的侵入岩均由偏碱性、碱性岩组成,具有过渡型岩浆岩的特点。以上特征,整体表明该阶段本区处于相对稳定的后造山调整过渡时期(表1)。

该阶段的结束,标志着燕山期上叠构造层及燕山期方辉橄榄岩与二辉橄榄岩混合型地幔岩石圈和花岗质地壳^[5]全面形成。

4.2 晚白垩世晚期—古新世后造山稳定过渡期

晚白垩世晚期—古新世,随着太平洋洋脊扩张带扩张的完全停止,与洋脊扩张带以西的太平洋板块(太平洋西部板块)俯冲的完全停止,相应本区进入了后造山的稳定过渡阶段。该时期本区整体处于隆起状态,缺失各类建造记录。始新世及其之后的地层与下伏不同地质体之间的角度不整合界面,

就是该时期整体隆起(主要)和后期(喜马拉雅早期)张性断层活动(次要)使部分地层发生掀斜共同作用的结果。

至此,燕山末期的结束,就标志着整个燕山构造旋回演化的结束。

5 燕山中晚期造山型岩石圈成因机制探讨

根据邓晋福、魏文博等的研究成果^[5-9],并结合区域地质、区域构造、区域地球物理等资料的综合研究与分析认为,本区燕山期造山型岩石圈即方辉橄榄岩与二辉橄榄岩混合型地幔岩石圈及花岗质地壳,主要形成于早侏罗世—早白垩世中期(燕山中期—燕山晚期)板内或陆内造山阶段,其成因机制或岩石圈与地幔软流圈动力学模型如图2所示。

华北地区的克拉通型(稳定型)岩石圈(包括地壳与地幔岩石圈)在早前寒武纪形成时平均厚度达200 km,其中的地幔岩石圈为方辉橄榄岩型,地壳为以TTG组合为主型^[5]。方辉橄榄岩型地幔岩石圈在中元古代—三叠纪时期的演化过程中基本保持相对稳定状态,局部有所增厚。就目前而言,稳定型岩石圈以鄂尔多斯克拉通岩石圈为典型代表。

平均200 km厚的克拉通型岩石圈,在早侏罗世—早白垩世中期即燕山中晚期板内或陆内造山过程中,被强烈分化、改造与再造,形成新的约100 km厚的造山型岩石圈。古老的方辉橄榄岩型地幔岩石圈在早侏罗世开始的板内造山过程中,在不同深度的界面上形成一些顺层剪切断裂(图1中Fj);顺层剪切断裂与陡倾的各区域断裂共同将厚达100 km左右的方辉橄榄岩型地幔岩石圈分割成大小不同的块体。随着板内造山作用的逐步加强、激化与减弱,在重力与地幔软流圈相向对流共同作用下,大量大型方辉橄榄岩型地幔岩石圈块体被带入地幔软流圈深部(图2中④),部分小型方辉橄榄岩型地幔岩石圈块体被重熔消失于地幔软流圈中;而地壳之下近60 km厚的原有方辉橄榄岩型地幔岩石圈在岩浆上侵、重熔等作用下,被改造和再造形成新的方辉橄榄岩与二辉橄榄岩混合型地幔岩石圈(图2中②);同时古老的地壳在大量岩浆的侵入和重熔、深熔过程中也被强烈改造,其成分特征由TTG组合为主型转化为以花岗岩为主型。这就是包括

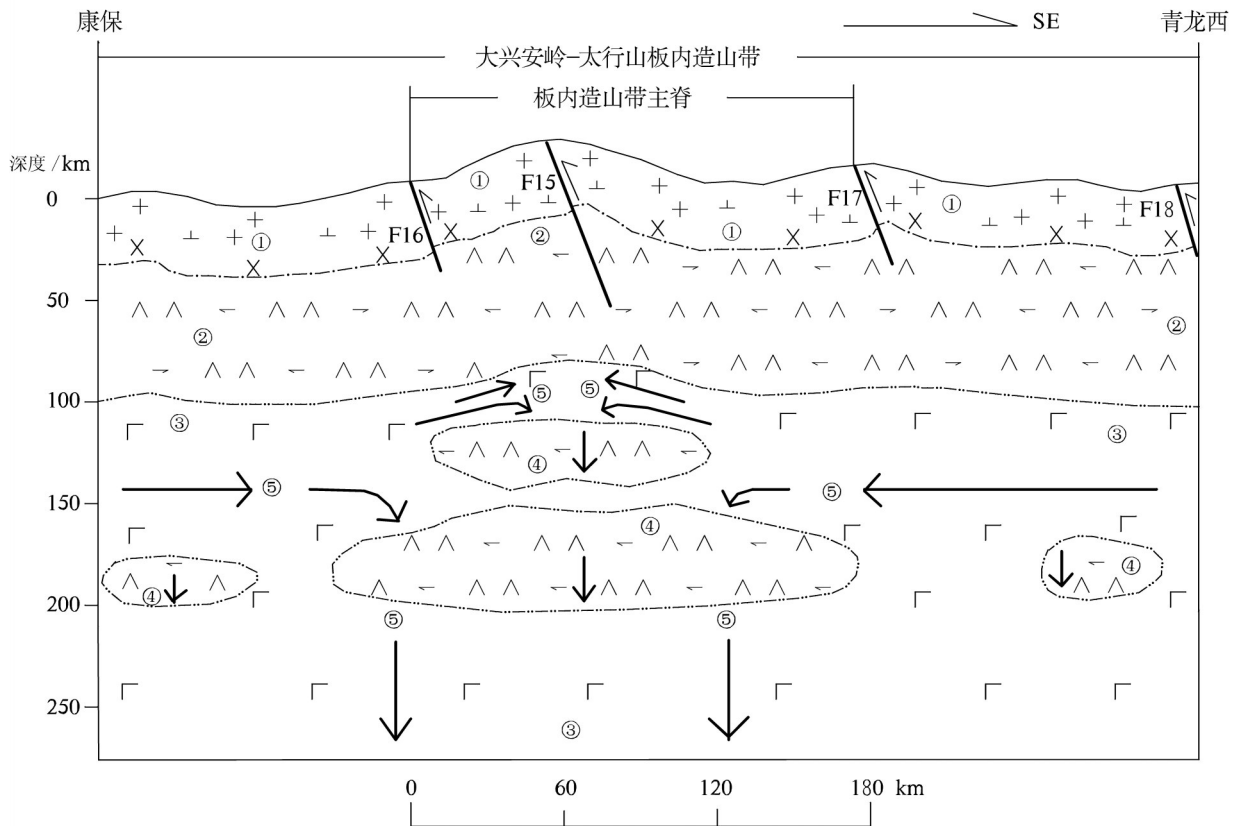


图2 早侏罗世-早白垩世中期板内造山带岩石圈与地幔软流圈动力学模型示意图

F15—上黄旗—灵山区域断裂;F16—鱼儿山—下花园区域断裂;F17—荒地—密云区域断裂;F18—苇子沟—三屯营区域断裂;①—侏罗纪至白垩纪形成的花岗质地壳;②—侏罗纪至白垩纪形成的方辉橄榄岩与二辉橄榄岩混合型地幔岩石圈;③—地幔软流圈;④—克拉通型岩石圈之方辉橄榄岩型地幔岩石圈残块;⑤—大兴安岭—太行山板内造山带主脊之下地幔软流圈呈相向对流和下降状态

Fig.2 The dynamic model schematic map of Early Jurassic—the middle stage of Early Cretaceous lithosphere and asthenosphere in intraplate orogeny

F15—Shanghuangqi—Lingshan regional fault; F16—Yuershan—Xiahuayuan regional fault; F17—Huangdi—Miyun regional fault; F18—Weizigou—Santunying regional fault; ①—Jurassic—Cretaceous granitic crust; ②—Jurassic—Cretaceous harzburgite and lherzolite mixed type lithospheric mantle; ③—The asthenosphere; ④—The remnant of harzburgite type lithosphere in the cratonic lithosphere; ⑤—The asthenosphere under the Da Hinggan Mountains—Taihang Mountain intraplate orogenic belt showing convection and falling state

本区在内的华北东部陆块没有卫磁异常的重要原因,原有古老的克拉通岩石圈在燕山中晚期板内造山过程中被强烈改造与再造,磁性消失^①。

主要在早侏罗世—早白垩世中期期间,因地幔软流圈的不均衡对流、太平洋洋脊扩张带的不均衡扩张、洋脊扩张带以西的太平洋板块(太平洋西部板块)向欧亚大陆之下的俯冲,造成大兴安岭—太行山板内或陆内造山带形成;原有大陆根——克拉通型地幔岩石圈被彻底破坏、改造与再造,约大于100 km的方辉橄榄岩型地幔岩石圈被地幔软流圈

取代,而壳下近60 km厚的方辉橄榄岩型地幔岩石圈被改造和再造形成新的方辉橄榄岩与二辉橄榄岩混合型地幔岩石圈;深部岩浆上侵、地壳部分熔融,壳内大量造山型花岗岩类形成,地表大量造山型火山岩浆喷发,地壳成分由TTG组合为主型转化为花岗岩为主型;这就是燕山中晚期板内或陆内造山作用的实质性结果。就新生造山型岩石圈的形成而言,挤压造山过程中处于逐步增厚的状态。相对于平均200 km厚的原有克拉通型岩石圈而言,是在挤压造山作用下被强烈改造与再造,处于相对减

①袁学诚. 重磁异常与深部构造[R].2009.

薄状态,但不是在伸展拉张作用下的拆离减薄。

6 结 论

综上所述,本区大兴安岭—太行山板内造山带之造山型岩石圈(方辉橄榄岩与二辉橄榄岩混合型地幔岩石圈和花岗质地壳)的形成,是燕山旋回中期至晚期板内造山的实质性结果。

致谢: 本文是“河北省北京市天津市区域地质志(2013)”的研究成果之一,为集体劳动成果,对项目组其他成员和审稿专家表示衷心感谢。

参考文献(References):

- [1] 河北省地质矿产局. 河北省北京市天津市区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1989.
Hebei Bureau of Geology and Mineral Resources. Regional geology of Hebei Province, Beijing Municipality and Tianjin Municipality [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989 (in Chinese).
- [2] Pirajno F. Mantle plumes, associated intraplate tectonomagmatic processes and ore systems[J]. Episodes, 2007, 30(1): 6-19.
- [3] 许志琴, 杨经绥, 李海兵, 等. 青藏高原与大陆动力学——地体拼合、碰撞造山及高原隆升的深部驱动力[J]. 中国地质, 2006, 33(2): 221-238.
Xu Zhiqin, Yang Jingsui, Li Haibing, et al. The Qinghai-Tibet plateau and continental dynamics: A review on terrain tectonics, collisional orogenesis, and processes and mechanisms for the rise of the plateau[J]. Geology in China, 2006, 33(2): 221-238 (in Chinese with English abstract).
- [4] 蔡学林, 朱介寿, 曹家敏, 等. 东亚西太平洋巨型裂谷体系岩石圈与软流圈结构及动力学[J]. 中国地质, 2002, 29(3): 224-245.
Cai Xuelin, Zhu Jieshou, Cao Jiamin, et al. Structure and dynamics of lithosphere and asthenosphere in the gigantic East Asian west pacific rift system[J]. Geology in China, 2002, 29(3): 234-245 (in Chinese with English abstract).
- [5] 邓晋福, 魏文博, 邱瑞照, 等. 中国华北地区岩石圈三维结构及演化[M]. 北京: 地质出版社, 2007.
Deng Jinfu, Wei Wenbo, Qui Ruizhao, et al. The 3-D Structure of Evolution of the Lithosphere in North China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2007 (in Chinese).
- [6] 罗照华, 邓晋福, 韩秀卿. 太行山造山带岩浆活动及其造山过程反演[M]. 北京: 地质出版社, 1999.
Luo Zhaohua, Deng Jinfu, Han Xiuqing. Magmatic Activity in the Taihangshan Orogenic Belt and Inversion of Its Mountain-building Process [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999 (in Chinese).
- [7] 邓晋福, 赵海玲, 罗照华, 等. 岩石圈-软流圈系统的形成与演化[C]. 见: 欧阳自远主编, 世纪之交矿物学岩石学地球化学的回顾与展望. 北京: 原子能出版社, 1998: 97-104.
Deng Jinfu, Zhao Hailing, Luo Zhaohua, et al. The formation and evolution of lithosphere-asthenosphere system[C]//Ouyang Ziyuan (eds). Retrospect and Prospect of Mineralogy, Petrology and Geochemistry. Beijing: Atomic Energy Press, 1998: 97-104 (in Chinese).
- [8] 邓晋福, 赵海玲, 莫宣学, 等. 中国大陆根-柱构造——大陆动力学的钥匙[M]. 北京: 地质出版社, 1996.
Deng Jinfu, Zhao Hailing, Mo Xuanxue, et al. Continental Root-Plume Tectonics of China——Key to the Continental Dynamics [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996 (in Chinese).
- [9] 邓晋福, 莫宣学, 赵海玲, 等. 中国东部燕山期岩石圈-软流圈系统大灾变与成矿环境[J]. 矿床地质, 1999, 18(4): 309-315.
Deng Jinfu, Mo Xuanxue, Zhao Hailing, et al. The Yanshanian lithosphere-asthenosphere catastrophe and metallogenic environment in East China [J]. Mineral Deposits, 1999, 18(4): 309-315 (in Chinese with English abstract).