

文章编号: 1006-6616 (2003) 03-0201-19

# 北京地区中新世代陆内造山过程 ——以十三陵—龙庆峡—八达岭路线观察为基础

崔盛芹, 吴珍汉, 马寅生, 李锦蓉, 易明初,  
赵越, 吴淦国, 朱大岗, 冯向阳

(中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081)

**摘要:**著名的燕山山脉雄踞于华北平原之北, 以其特有的地质构造闻名于世。它既是世界知名的中、新元古界层型剖面的所在地、中国最老陆壳的出露区, 也是中外驰名的燕山运动的命名地。北京十三陵—龙庆峡—八达岭地质路线呈 NW 向横穿 NE 向延伸的太古宙变质杂岩、著名的中、新元古代经典剖面、中生代构造—岩浆活动带及新生代盆—岭构造系统。通过该剖面构造特征与地层系统的观察可概括了解燕山陆内(板内)造山带西段、北京地区的中、新生代陆内造山过程。

**关键词:**燕山山脉; 北京地区; 中、新生代; 陆内造山过程

中图分类号: P56.2.2

文献标识码: A

## 0 前言

燕山山脉向以其地质构造特色闻名于世, 它既是世界知名的中、新元古界(曾称中国北方“震旦系”、“震旦亚界”)层型剖面的所在地、中国最老陆壳的出露区, 也是中外驰名的燕山运动的命名地<sup>[1]</sup>。

燕山构造带在构造体系方面, 位于阴山纬向构造带与 NNE 向新华夏系构造带的复合部位<sup>[2]</sup>。在构造单元方面, 位于华北地块或中朝克拉通的北部, 曾被称之为准地槽<sup>[3]</sup>、褶断带<sup>[4]</sup>、沉降带、台褶带, 后者相当所谓的后地台褶皱带<sup>[5]</sup>。就该区的构造体制及其演化过程而言, 其在吕梁运动(1900~1800Ma)形成的古克拉通陆壳基础之上, 历经中、新元古代—古生代(1800~250Ma)漫长的坳拉槽或坳拉谷(Aulacogen)—克拉通稳定的盖层发展阶段, 并未发生过明显的构造变动。而到中、新生代, 其主体虽远距当时西太平洋的洋陆边界达1400~1800km以上, 却在印支期、燕山期及喜马拉雅期发生强烈的造山作用和岩浆活动<sup>[6-8]</sup>, 因而其动力学机制既非地槽封闭造山或板缘俯冲造山, 又非板间(interplate)碰撞造山, 而是具有特定典型意义的古克拉通基础上的陆内或板内(intraplate)造山作用。燕山构造带既是一条中、新生代的陆内或板内造山带, 也是一条重要的构造—岩浆—成矿带与现

收稿日期: 2003-03-10

作者简介: 崔盛芹(1930-), 男, 教授、博士生导师。1952年北京地质系毕业, 1960~1962年莫斯科大学地质系进修大地构造学。长期从事区域地质、构造地质、构造运动及区域构造研究。

今活动构造带,因而对其开展深入研究具有重要的理论和实际意义。

北京地区位于华北平原的西北缘,因其西、北、东三方皆为群山环绕,故其间的北京平原被称之为“北京湾”(图1及图版II)。地处“北京湾”北端的十三陵—八达岭及其以西的北京西山地区,属于燕山中、新生代陆内造山带的西段,不但以独特地质构造条件著称,而且研究历史悠久,在中国地质科学发展历程中素有“摇篮”之称,同时也是一个向国际地质学界开放交流的良好窗口。

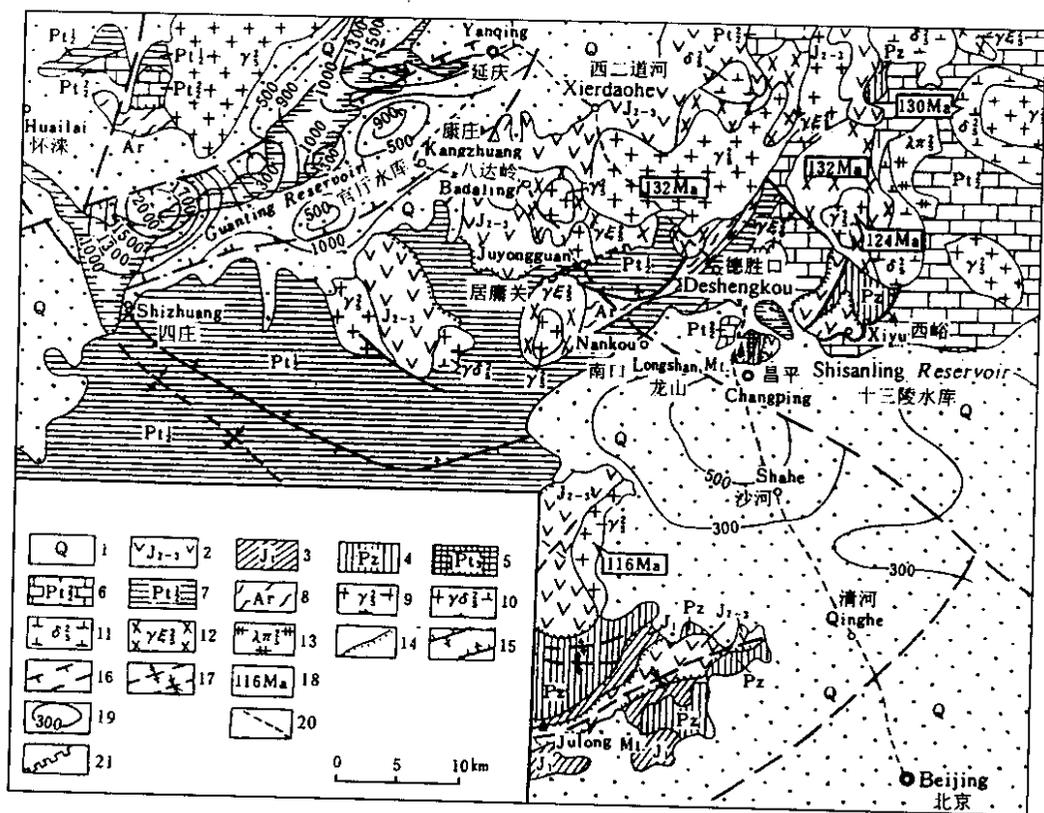


图1 北京十三陵—八达岭地区区域地质及路线位置图

Fig.1 Regional geological map of the Ming Tombs - Badaling area and location of the field trip route

1. 第四系; 2. 中、上侏罗统; 3. 下侏罗统; 4. 古生界; 5. 青白口系; 6. 蓟县系; 7. 长城系; 8. 太古宇; 9. 燕山期花岗岩; 10. 燕山期花岗岩闪长岩; 11. 燕山期闪长岩; 12. 燕山期钾长花岗岩; 13. 燕山期流纹斑岩; 14. 不整合界线; 15. 断层; 16. 推测断层; 17. 褶皱; 18. K - Ar法年龄; 19. 新生代沉积厚度; 20. 观察路线; 21. 长城

## 1 区域地层系统

北京地区各大断代地层发育齐全,可视为“华北型”地层系统的典型地区之一。

### 1.1 太古宙变质杂岩

由于八达岭复背斜核部受到中生代侵入杂岩的破坏,因而只在其东南侧的德胜口—南口一带,保留有呈NE向断续出露的约20km的太古宙变质杂岩。过去曾划归为太古宙密云群。目前根据其岩性特征及区域对比分析,将其视为原岩主要为太古宙TTG岩类经变质形成的

正片麻岩类。古元古代变质岩系在燕山东段及冀北等地有所出露，本区缺失。

### 1.2 中、新元古界

燕山地区以蓟县剖面为代表的中、新元古界，是我国这一时期发育良好、研究深入的一套地层，也是世界著名的。这套地层共分 3 个系（长城系、蓟县系、青白口系）10 或 11 个组，在蓟县总厚达 9200m（图 2，图 3），其时限约为 1800~800Ma。新元古代中期，燕山全区隆起（蓟县上升），因而缺失以湖北峡东地区为代表的、时限约为 800~600Ma 的震旦系（参看表 1）。

表 1 十三陵—八达岭地区中新元古界地层系统

Table 1 Meso-Neoproterozoic stratigraphic system of the Ming Tombs-Badaling area

P <sub>2</sub>	∈ <sub>1</sub>	昌平组：灰岩，含 <i>Redlichia chinensis</i> , <i>Megapalaeolenus fengyangensis</i> 。
.....	600Ma	.....
	震旦系 Pt <sub>3</sub> <sup>2</sup> (Z)	
	800Ma	..... 蓟县上升 .....
Pt <sub>3</sub>	青白口系 Pt <sub>3</sub> <sup>1</sup> (Qb)	10、景儿峪组 (Pt <sub>3</sub> <sup>1</sup> <sub>j</sub> ): 薄板状泥灰岩 (长龙山组: 粗砂岩、海绿石砂岩和页岩——景儿峪组下部)
	.....	9、下马岭组 (Pt <sub>3</sub> <sup>1</sup> <sub>x</sub> ): 页岩与粉砂质砂岩互层，底部有铁质风化壳。
	1000Ma	..... 芹峪上升 .....
	蓟县系 Pt <sub>2</sub> <sup>2</sup> (Jx)	8、铁岭组 (Pt <sub>2</sub> <sup>2</sup> <sub>t</sub> ): 白云岩，具页岩夹层。
	.....	7、洪水庄组 (Pt <sub>2</sub> <sup>2</sup> <sub>h</sub> ): 页岩和砂质白云岩。
	1400Ma	6、雾迷山组 (Pt <sub>2</sub> <sup>2</sup> <sub>w</sub> ): 纹层状含燧石条带白云岩，富含叠层石。
Pt <sub>2</sub>	长城系 Pt <sub>2</sub> <sup>1</sup> (Ch)	5、杨庄组 (Pt <sub>2</sub> <sup>1</sup> <sub>y</sub> ): 白云岩和含燧石条带白云岩，及沥青质白云岩夹层。
	.....	4、高于庄组 (Pt <sub>2</sub> <sup>1</sup> <sub>g</sub> ): 白云岩，有时有燧石条带，发育丰富的叠层石。
	1800Ma	3、大红峪组 (Pt <sub>2</sub> <sup>1</sup> <sub>d</sub> ): 石英质砂岩和泥质白云岩，含叠层石。
	.....	2、串岭沟组 (Pt <sub>2</sub> <sup>1</sup> <sub>ch</sub> )—团山子组 (Pt <sub>2</sub> <sup>1</sup> <sub>t</sub> ): 上部团山子组为泥质白云岩；下部串岭沟组为碳质页岩、泥质白云岩和石英质石英互层。
	.....	1、常州沟组 (Pt <sub>2</sub> <sup>1</sup> <sub>c</sub> ): 含砾砂岩和石英质砂岩夹细砂岩。
Pt <sub>1</sub>	.....	~~~~~ 吕梁运动 ~~~~~
Ar	2500Ma	~~~~~ 英云闪长质片麻岩。

北京南口、昌平、十三陵及西山地区的中、新元古界发育齐全，研究最早<sup>[9]</sup>。其中系（群）组划分与蓟县剖面完全相同，总厚约 4600m，约为蓟县剖面相当地层厚度的一半。李四光（1939）曾将蓟县、南口剖面分别称为这一时期的标准剖面与经典剖面。昌平（南口）蓟县两地剖面的分层、对比、岩性及古构造关系，如图 2，图 3 所示。

应当说明的是，上述中、新元古界在 1982 年以前曾长期先后被称为震旦系、中国北方震旦系、震旦亚界。在基本查明中国南、北方晚前寒武纪地层时限与对比关系的基础上，1982 年 7 月全国地层委员会决定废除震旦亚界名称，改为中、新元古界；中元古界二分为长城系与蓟县系，新元古界暂分为青白口系及震旦系；前 3 个系以高振西等（1934）建立的蓟县剖面为标准<sup>[9~11]</sup>，震旦系则以李四光（1924）所建立的峡东剖面为标准<sup>[12]</sup>。近来，又将原震旦系的下统（以含冰碛层为特征）独立出来称之为南华系（2001）<sup>[13]</sup>。

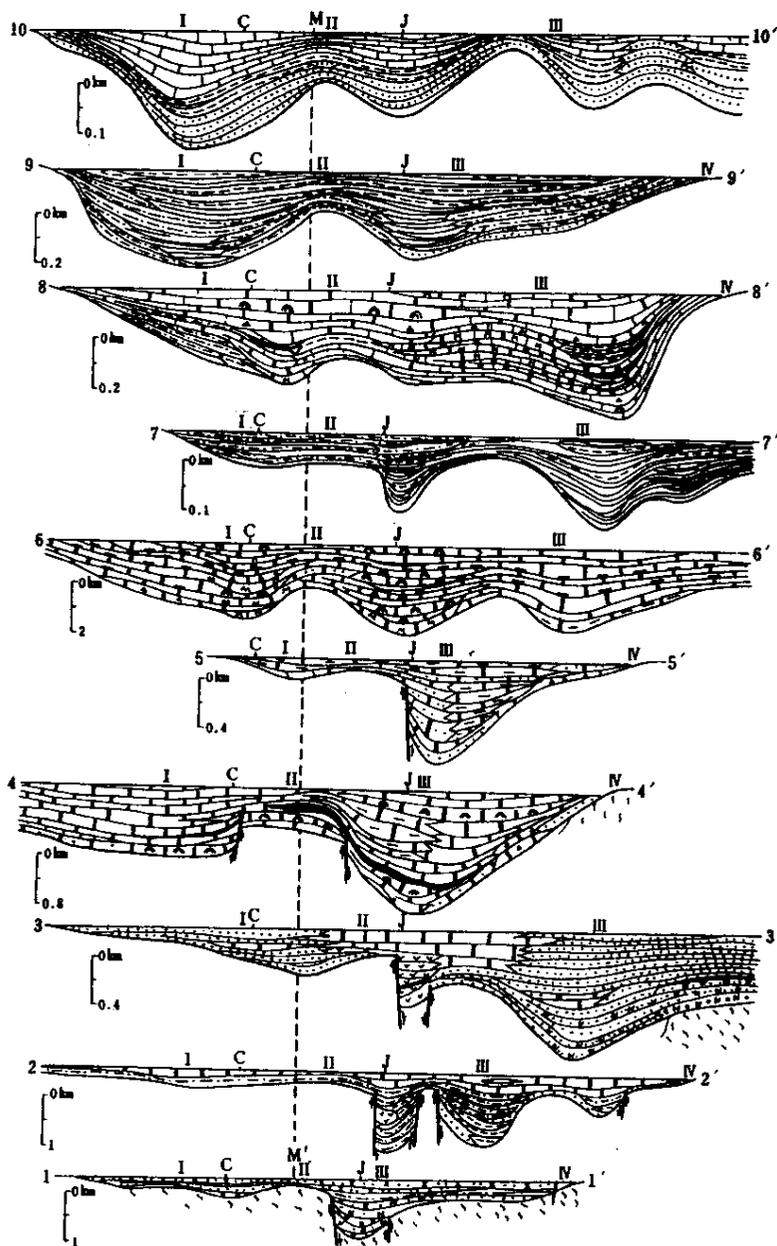


图2 燕山地区中新元古代不同时期岩性—古构造剖面图  
(据崔盛芹等, 1980, 稍作补充)

Fig.2 Lithologic-palaeostructural profiles of different periods of the

Meso-Neoproterozoic in the Yanshan area (after Cui Shengqin et al., 1980)

C: 昌平县; J: 蓟县; M-M': 各剖面分别穿过密云县以南或以北的位置; 1~4: 长城系; 5~8: 蓟县系; 9~10: 青白口系; 1~1': 常州沟组; 2~2': 串岭沟组—团山子组; 3~3': 大红峪组; 4~4': 高于庄组; 5~5': 杨庄组; 6~6': 雾迷山组; 7~7': 洪山庄组; 8~8': 铁岭组; 9~9': 下马岭组; 10~10': 景儿峪组

I、冀西北拗陷; II、密云隆起; III、冀北辽西拗陷; IV、山海关隆起

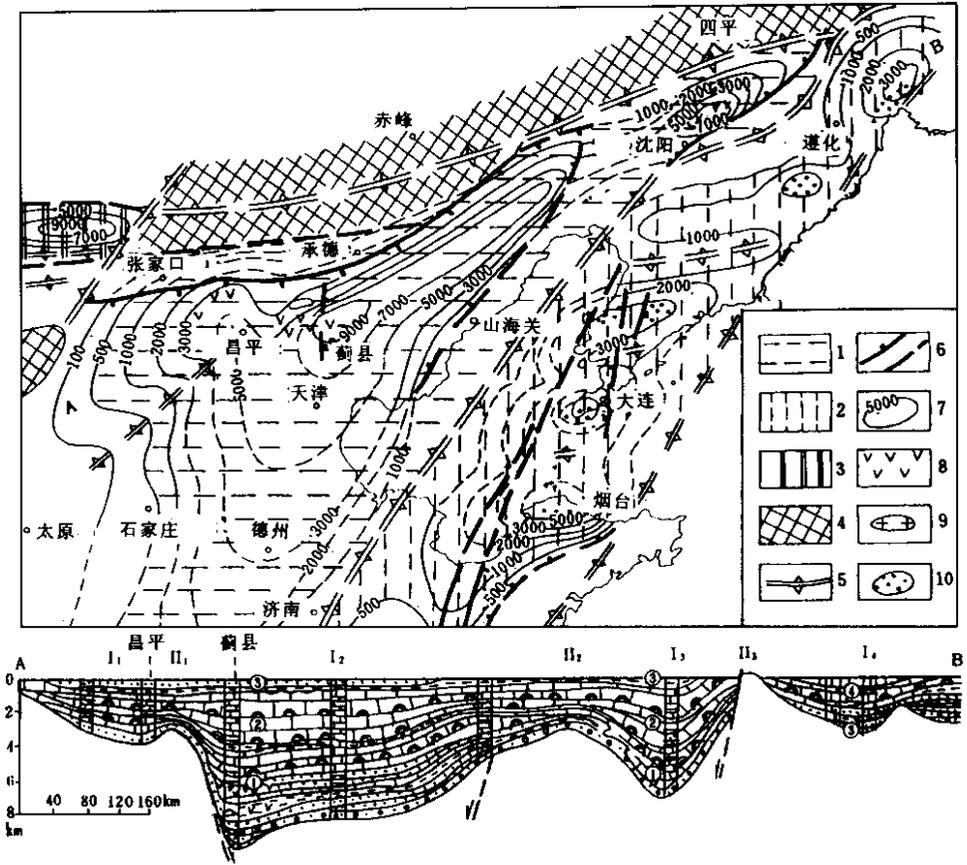


图 3 燕山及邻区中新元古代沉积等厚线与古构造图 (据崔盛芹等, 1977, 1996)

Fig.3 Meso-Neoproterozoic palaeotectonic map of the Yanshan Mountains and adjacent areas

- 1. 燕山型拗陷; 2. 胶辽型拗陷; 3. 阴山型拗陷; 4. 隆起; 5. 隆起轴线; 6. 同沉积断裂; 7.  $P_{2+3}$  地层厚度;
- 8. 火山岩; 9. 花岗岩; 10. 磨拉石沉积

### 1.3 古生界

燕山及北京地区, 古生代期间的沉积环境和地层系统与整个华北地块近似, 自下寒武统一中奥陶统为一套以浅海相碎屑岩—碳酸盐岩为主的稳定型沉积建造; 晚奥陶世—早石炭世全区整体上隆, 造成区域性沉积间断; 晚石炭世—中二叠世形成海陆交互相及陆相含煤建造, 自晚二叠世起发育红色陆屑建造, 其上多与早、中三叠世呈连续沉积关系<sup>[14]</sup>。

上述古生代地层系统在北京西山地区保存完好, 十三陵—龙庆峡—八达岭地质路线中只在昌平龙山南坡, 于中侏罗世髫髻山组不整合面之下出露有含三叶虫化石的早寒武世昌平组的碳酸盐岩及中寒武世的紫红色泥岩及鲕状灰岩。

### 1.4 中、新生界

中生界在北京西山地区发育较全, 主要为陆内中小型盆地的沉积—火山建造、含煤碎屑建造及类磨拉石建造<sup>[15]</sup>。上三叠统杏石口组与中、下三叠统双泉组呈角度不整合接触。自早侏罗世—早白垩世发育 3 个喷发—沉积旋回 (参看北京地层简表:  $J_1$ 、 $J_{2-3}$ 、 $K_1$  所形成的

3套火山—沉积建造序列)。在十三陵—龙庆峡—八达岭路线中,可直接观察到两个喷发—沉积旋回的产物:在十三陵水库周围的汉包山及蟒山出露有晚侏罗世早期髻髻山组( $J_3t$ )以中性为主的火山岩及火山碎屑岩建造;在龙庆峡及古城一带可见到由中侏罗世晚期后城组( $J_3h$ )红棕色砂砾岩组成的类磨拉石建造;在八达岭稍北则出露有早白垩世东岭台组酸性火山岩建造。

新生界在北京地区主要分布于平原地区,包括西北侧的北京凹陷及其东南的固安—大厂凹陷,两地的共同特点是除缺失古新统外,自古近系始新统一第四系全新统发育齐全,以河湖相沉积为主间夹有泥岩层,局部夹玄武岩,厚度为1100~3400m。北京山区的新生界发育不全,连续性差,以河湖相沉积、洞穴沉积为主,并有土状堆积及冰水沉积,厚度变化很大。如周口店地区形成有始新世长辛店组的砂砾岩,而渐新统与中新统缺失,上覆以上新世及第四纪沉积物,在其中更新统周口店组内发现著名的北京人(*Homo erectus pekinensis*)化石。延庆盆地直到新近纪上新世后期才开始发生断陷,形成有天竺组半胶结的碎屑沉积物,第四纪断陷加剧,据钻孔资料上新统一第四系最厚可达2000m以上。

## 2 主要构造运动及陆内造山过程

### 2.1 克拉通基底阶段(Ar-Pt<sub>1</sub>)与吕梁运动影响

燕山及邻区在大于2500Ma的太古宙,处于由高级变质的麻粒岩—片麻岩所组成的小型块体与相对活动的花岗岩—绿岩带共同存在与发展阶段,并在太古宙末的构造—热事件影响下形成古老的陆核。古元古代阶段在燕山北侧及冀东等地,又发育有裂陷活动带。古元古代末本区与华北其它地区一起发生广泛剧烈的构造运动。主要表现为强烈的构造变形、岩浆活动与区域变质作用。这期显著的构造—热事件的峰值年龄约在1900~1800Ma,在整个华北地块形成重要的不整合界面,并将古元古代活动带与古老块体拼联一体,构成统一的古克拉通基底(参看图4)。李四光(1939)将这次在地质历史中具有划时代意义的地壳运动称之为“吕梁变革”(Liliangian revolution)<sup>[2]</sup>。

十三陵—龙庆峡—八达岭路线在德胜口,可见到中元古代长城系直接不整合于太古宙变质杂岩之上,也反映出吕梁运动的影响。同时,由于这一带还叠加有中生代较为强烈的构造—岩浆作用,大致沿原来的不整合界面受到拆离滑脱作用的改造,造成两者时代、岩性和变质程度截然不同地层系统的产状近似一致,并在两者的界面附近形成玻化岩与糜棱岩。

### 2.2 坳拉槽—克拉通盖层阶段(Pt<sub>2</sub>-Pz)

燕山地区在吕梁运动形成的变质基底上,自中元古代之初开始形成坳拉槽。自常州沟组—大红峪组时期为差异断陷和非补偿沉积阶段,断陷中心附近有海底—陆上中基性火山喷发及侵入。到高于庄组时期,同沉积断裂活动变弱,逐渐转入坳陷披盖阶段。中元古代末(1000Ma左右),发生芹峪上升(相当于燕辽运动),造成大陆性侵蚀面。景儿峪组毯状海绿石英英砂岩建造的广泛超覆,标志着开始转入稳定的盖层沉积阶段(参看图2)<sup>[16]</sup>。由于蓟县上升的影响,导致景儿峪组与早寒武世昌平组之间长约200Ma震旦纪时期的沉积间断。从前一节的地质发育特点可看出,本区自新元古代后期直到古生代末一直处于稳定的克拉通盖层发育阶段,其间未发生过明显的构造—岩浆活动。因而,可将本区中元古代—古生代末(1800~250Ma)这一漫长时期,视为中、新生代陆内造山作用的前造山期。

### 2.3 中、新生代陆内造山阶段(Mz-Cz)

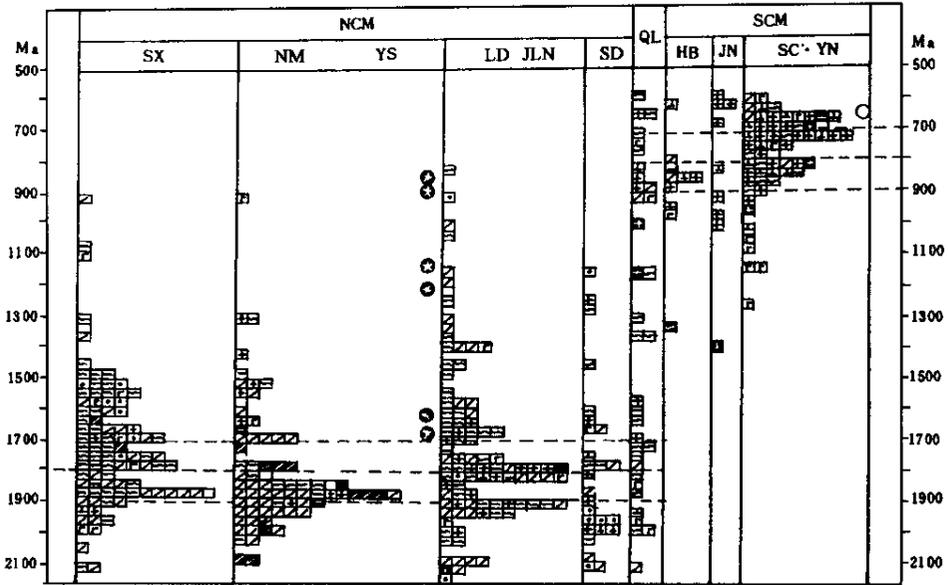


图 4 中国东部晚前寒武纪 K-Ar 法及 U-Pb 法同位素年龄统计

——示吕梁运动、晋宁运动影响 (据孙殿卿、崔盛芹, 1980, 简化)

Fig.4 Late Precambrian K-Ar and U-Pb ages of eastern China (after Sun Dianqing and Cui Shengqin, 1980)

NCM—华北地块; SX—山西; NM, YS—内蒙、燕山; LD, JLN—辽东、吉南; SD—山东; QL—秦岭; SCM—华南地块; HB—湖北; JN—江南; SC, YN—四川、云南。

中、新生代时期, 燕山及邻区处于远离当时陆洋边界的陆内环境, 形成典型的古克拉通基础上的陆内造山带<sup>[17~22]</sup>。其陆内造山作用过程可划分为:

始造山期: 包括自三叠纪中、晚期至早侏罗世前的印支期, 经过本阶段的构造变形序列, 构成“古燕山”陆内造山带与构造—岩浆带的初步轮廓, 包括十三陵—龙庆峡—八达岭路线内八达岭复背斜雏型的出现。

主造山期: 包括侏罗—白垩纪燕山期更为强烈的构造变动和广泛的岩浆活动和成矿作用在内, 通过这一阶段多期次、多方式的构造变形序列, 塑造成“中燕山”陆内造山带与构造—岩浆—成矿带的基本格局, 这一时期也是八达岭复背斜、髻髻山复向斜及其有关构造—岩浆带的主要成型期。

重造山期: 在中生代末至新生代初, 始造山期—主造山期既成的山岳地貌基本遭到剥蚀, 形成五台期夷平面之后, 又经过古近纪—新近纪—第四纪喜马拉雅期以伸展方式为主的重造山作用, 构成“新燕山”陆内造山带不同级别盆—岭构造与现今地貌景观。十三陵—龙庆峡—八达岭路线所穿过的南口山前断陷—八达岭隆起—延庆断陷—海坨山隆起等新构造—地貌景观及其周缘的活动断层系统的出现, 则属新近纪晚期以来至现今构造活动的反映 (图 5, 图 6)。

本区中、新生代不同造山阶段的造山作用机制有所差异, 在中生代印支、燕山期居主导位置的有陆块间不同方式的断裂造山作用、陆内不同层次与不同方式的拆离 (滑脱) 造山作用以及陆内岩浆上侵与深部热隆的垂向造山作用, 在运动方式上表现为挤压—伸展作用相交

替,又以挤压作用为主导;新生代喜马拉雅期则以断陷—隆升活动、形成盆—岭构造的陆内伸展造山作用为主<sup>[20,23]</sup>。

### 3 十三陵—龙庆峡—八达岭地质路线

#### 3.1 观察内容及其意义

十三陵—龙庆峡—八达岭地质路线,起自北京,途经清河、沙河—昌平十三陵水库—德胜口—延庆盆地—龙庆峡(古城)—长城(八达岭)—南口—北京。此路线总体为NW向,过昌平后将横穿NE向展布的太古宙变质杂岩及著名的中、新元古代经典剖面。越过中生代新华夏系的构造—岩浆带及新生代同方向展布的盆—岭构造系统(图1,图5),将先后观察到:

(1)十三陵水库西、东两侧汉包山、蟒山晚侏罗世髻髻山组( $J_3t$ )火山岩系,及其南缘的影壁山—凤山—蛤蟆石燕山晚期逆冲—推覆断裂带。

(2)八达岭复背斜东南翼的吕梁运动界面与其上的中、新元古代地层系统与坳拉槽型沉积建造及其间代表芹峪上升、蓟县上升的地壳运动界面,以及新元古代景儿峪组与古生代早、中寒武世稳定型的盖层沉积建造。

(3)八达岭复背斜核部出露的太古宙变质杂岩以及中生代燕山期的八达岭复式岩体(花岗杂岩体)。

(4)新生代喜马拉雅晚期的延庆裂谷盆地,及其与南、北两侧八达岭、海坨山地垒式隆起构成的盆—岭构造—地貌景观(图版II)。

(5)平行和垂直由海坨山隆起—延庆断陷—八达岭隆起—南口山前断陷等所组成的新生代盆—岭构造系统所发育的几条显著的现今活动断裂带。包括NE向的龙庆峡阶梯状盆缘活动断裂带、南口—泰陵活动断裂带以及NW向的八达岭—南口—孙河(北京城北)活动断裂带的构造地貌及遥感影像特征(图5及图版II)。

总之,通过这条路线观察,可概要了解对华北地块北部,以至整个中朝克拉通具有较为普遍意义的地层系统、构造运动与地质历史;对燕山型中、新生代陆内造山作用的特点与演化,包括华北古克拉通基底的形成及中、新元古代—古生代前造山期的沉积环境,中生代主造山期的构造—岩浆过程和新生代重造山期构造—地貌景观,取得梗概认识。因此,这条路线的观察内容,对地学的若干不同分支(包括地层学、大地构造及构造地质、前寒武纪地质及区域地质)来说,都具有一定的意义。

此外值得指出的是,沿着这条路线还有着秀丽的自然风光、人文景观和壮丽的名胜古迹,诸如十三陵水库风景区与储能电站、明代皇陵的壮丽景色,有着“小三峡”或“小桂林”之称龙庆峡岩溶地貌以及雄伟的八达岭长城等。

#### 3.2 现今构造—地貌景观

十三陵—龙庆峡—八达岭地质路线位于北京地区的昌平、延庆两县境内。北京地区地处东经 $115^{\circ}25' \sim 117^{\circ}30'$ ,北纬 $39^{\circ}28' \sim 41^{\circ}05'$ 范围内,包括北京城区及外围平原与山区的昌平、延庆等一些区、县在内,总面积 $16800\text{km}^2$ 。

北京附近的地势西北高,群山绵延,延向内蒙高原;东南低,山前平原舒缓倾向渤海湾。北京北部山地统称为军都山,属燕山山脉的一部分;西部山地统称为北京西山,在地理上虽系太行山余脉,但在地质构造上则属燕山构造带西段范围。本区主要山峰海拔高程多在

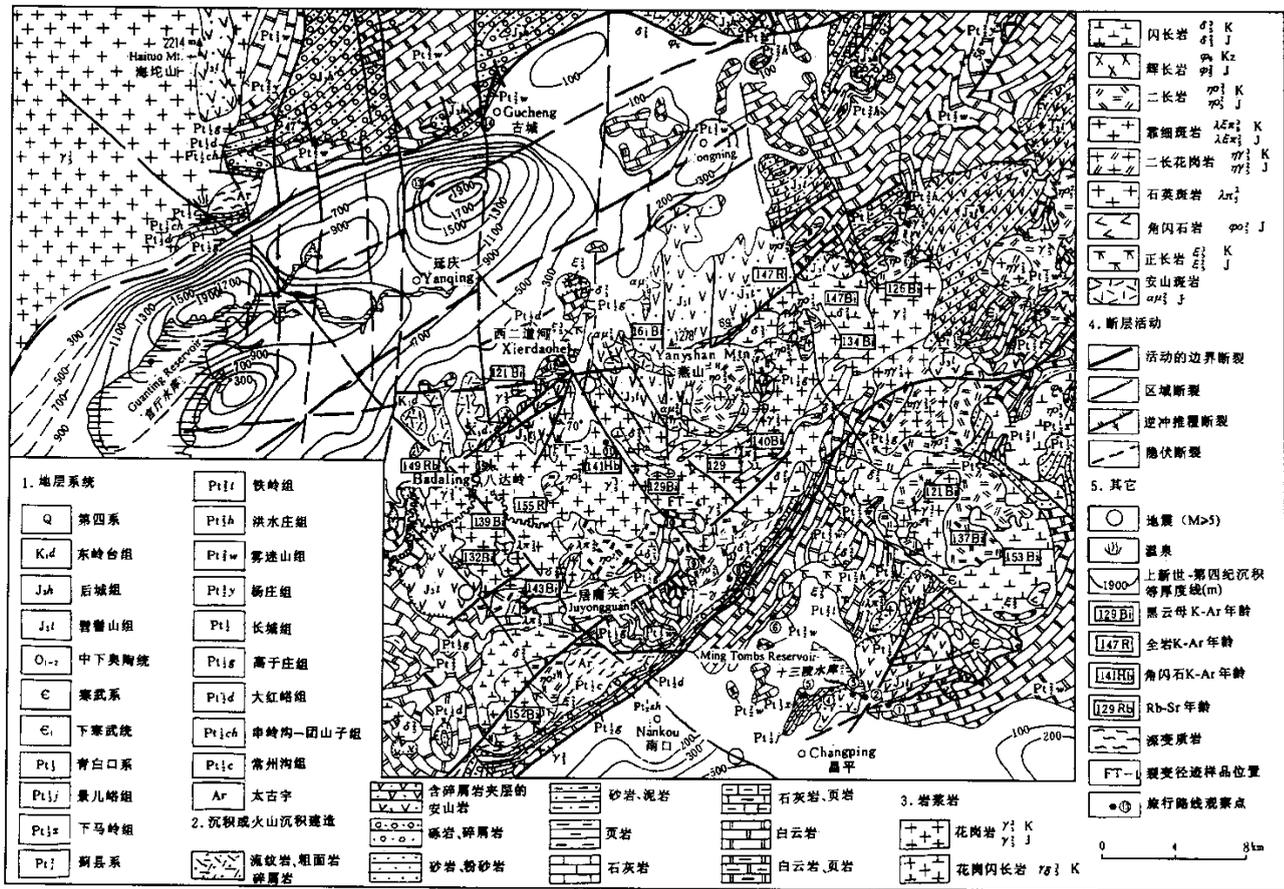


图 5 十三陵及八达岭地区地质构造图(据北京市地质图<sup>[14]</sup>等资料编制)

Fig.5 Geological and structural map of the Ming Tombs-Badaling area

1000~1500m之间,其中的最高峰为北京西侧的东灵山(海拔2303m),最低点在北京以东的通县附近(海拔仅8m)。十三陵—龙庆峡—八达岭地质旅行路线附近,八达岭海拔1015m,其东北侧的燕羽山则达1278m。延庆盆地海拔约500m,其西北侧为高达2241m的海坨山。

北京地区的水系主要有永定河、温榆河及潮白河等。西部的永定河发源于晋北黄土高原,经过官厅水库向东南汇入海河流进渤海。以八达岭为分水岭,其西北侧延庆盆地中的泃水河汇入官厅水库,属永定河水系的一个支流;八达岭东南侧十三陵水库一带的沙河等支流,向东南汇入温榆河并流进人工开凿的北运河。本区东部的潮河、白河流经密云水库后合称为潮白河,流进渤海。

北京地区及邻区在构造—地貌方面,表现出线性明显的山岭与山间盆地呈斜列(雁行)交互展布特点,山岭与盆地之间的反差界线颇为鲜明,如自东而西的南口山前凹陷、八达岭隆起、延庆、怀来山间盆地、海坨山隆起、其西南侧蔚县、阳原山间盆地以及其间夹持的小型山岭等。这些地堑—半地堑式的盆地与地垒隆起群,构成了略呈S形展布的汾渭裂谷系的东北段(参看图5、图6)。

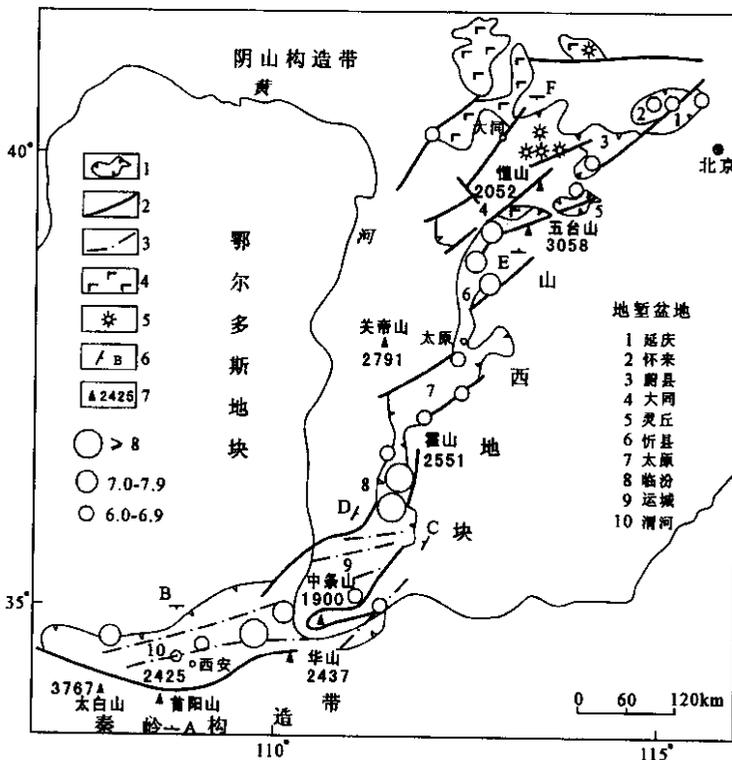


图6 汾渭裂谷系区域构造略图

Fig.6 Tectonic sketch map of the Fen-wei rift system

1. 新生代裂谷盆地; 2. 主要活动断裂; 3. 隐伏断裂; 4. 玄武岩; 5. 火山锥; 6. 剖面位置; 7. 山峰(m); 地震震级○

### 3.3 不同地点的观察内容

#### ①十三陵水库周缘地质构造及地貌概况

十三陵水库周缘广泛出露上侏罗统髻髻山组(J<sub>3</sub>t)紫红色安山岩、安山集块岩、火山

角砾岩及凝灰岩与砂砾岩系。十三陵水库东侧的抽水储能电站建造于蟒山的髻髻山组火山—碎屑岩中。西侧为汉包山，上侏罗统髻髻山组呈角度不整合覆于中、下寒武统地层之上。南侧为影壁山，中元古界蓟县系雾迷山组 ( $Pt_2^w$ ) 逆冲推覆到上侏罗统髻髻山组之上；西北侧为八达岭复背斜东南翼，出露太古宙深变质杂岩与中、新元古代碎屑岩—碳酸盐岩系，其间为著名的吕梁运动界面 (图 5, 图 7)。

## ② 凤山采石场

观察中生代燕山晚期的影壁山—凤山逆冲推覆构造。

这一逆冲推覆构造是晚燕山期形成的一条重要的断裂带，沿其主断面中元古代蓟县系雾迷山组 ( $Pt_2^w$ ) 白云岩向北逆冲于上侏罗统髻髻山组火山碎屑岩系之上 (图版 I-1)；主断面产状西陡 ( $35^\circ \sim 45^\circ$ ) 东缓 ( $10^\circ \sim 20^\circ$ )。该点位于此逆冲推覆构造西段 (图 5, 图 7)，是一个良好人工剖面。主断面上盘为中元古代雾迷山组 ( $Pt_2^w$ ) 白云岩、燧石条带白云岩，近断面处已发生强烈构造破碎与层间滑动，形成构造透镜体与滚碾成因的大型杆状构造，尚发育层内褶皱构造，叠加有晚期张性—张扭性小断层与节理。主断面下盘为髻髻山组紫红色砂砾岩系与火山角砾岩，近断面处亦发生强烈变形，形成密集的劈理与片理，原生砾石被强烈挤压拉长，具显著定向性 (图版 I-2)。该处主断面倾角较陡，达  $40^\circ \sim 45^\circ$ 。

沿途：出露有上侏罗统髻髻山组安山岩、火山碎屑岩与砂砾岩系。

## ③ 汉包山下 (十三陵水库西侧)

观察上侏罗统髻髻山组火山—沉积岩及其与下寒武统之间角度不整合关系 (图 7, 图 8)。此处髻髻山组以紫红色火山角砾岩、凝灰岩与砂砾岩层为主，下寒武统以泥质灰岩与砂页岩层为主。本区在经历古生代克拉通盖层稳定阶段之后，中生代开始发生强烈的陆内造山作用，形成几个区域性褶皱幕，构成中生代地层广泛呈角度不整合覆于前中生代地层之上。

## ④ 龙山南坡

观察蓟县运动 (蓟县上升) 界面。

此处下寒武统昌平组 (府君山组) 呈平行不整合覆盖于新元古界青白口系景儿峪组 ( $Pt_3^j$ ) 之上 (图 7, 图 8)。昌平组 ( $\in_1 f$ ) 为青灰色豹斑状厚层灰岩，张文佑 (1935) 曾在其中发现过三叶虫化石 (*Redlichia* sp.)<sup>[14]</sup>，其年龄值近 600Ma；景儿峪组 ( $Pt_3^j$ ) 中下部为含海绿石砂岩、页岩，上部为薄板状灰岩，其中海绿石的 K—Ar 法年龄约为 800Ma。两者之间的沉积间断达 200Ma。

## ⑤ 大宫门东

观察新元古界青白口系下马岭组与中元古界蓟县系铁岭组地层及其平行不整合接触关系。

下马岭组 ( $Pt_3^x$ ) 由杂色粉砂质页岩夹砂岩所组成；铁岭组 ( $Pt_2^t$ ) 由白云岩、白云质灰岩夹页岩所构成。两者之间呈平行不整合接触，以古侵蚀面及近 30cm 厚的古风化壳为标志 (图 7, 图 8)，这一重要的区域性沉积间断，被称之为芹峪上升，相当于燕辽运动。

沿途：出露有中元古界蓟县系铁岭组 ( $Pt_2^t$ )、洪水庄组 ( $Pt_2^h$ ) 及雾迷山组 ( $Pt_2^w$ ) 地层 (图 5)。

## ⑥ 德胜口桥

观察中元古界蓟县系底部杨庄组 ( $Pt_2^y$ )、红色、杂色微晶白云岩与中元古界长城系顶部高于庄组 ( $Pt_2^g$ ) 白云岩、燧石条带白云岩及含迭层石白云岩、泥质白云岩；两者之间呈

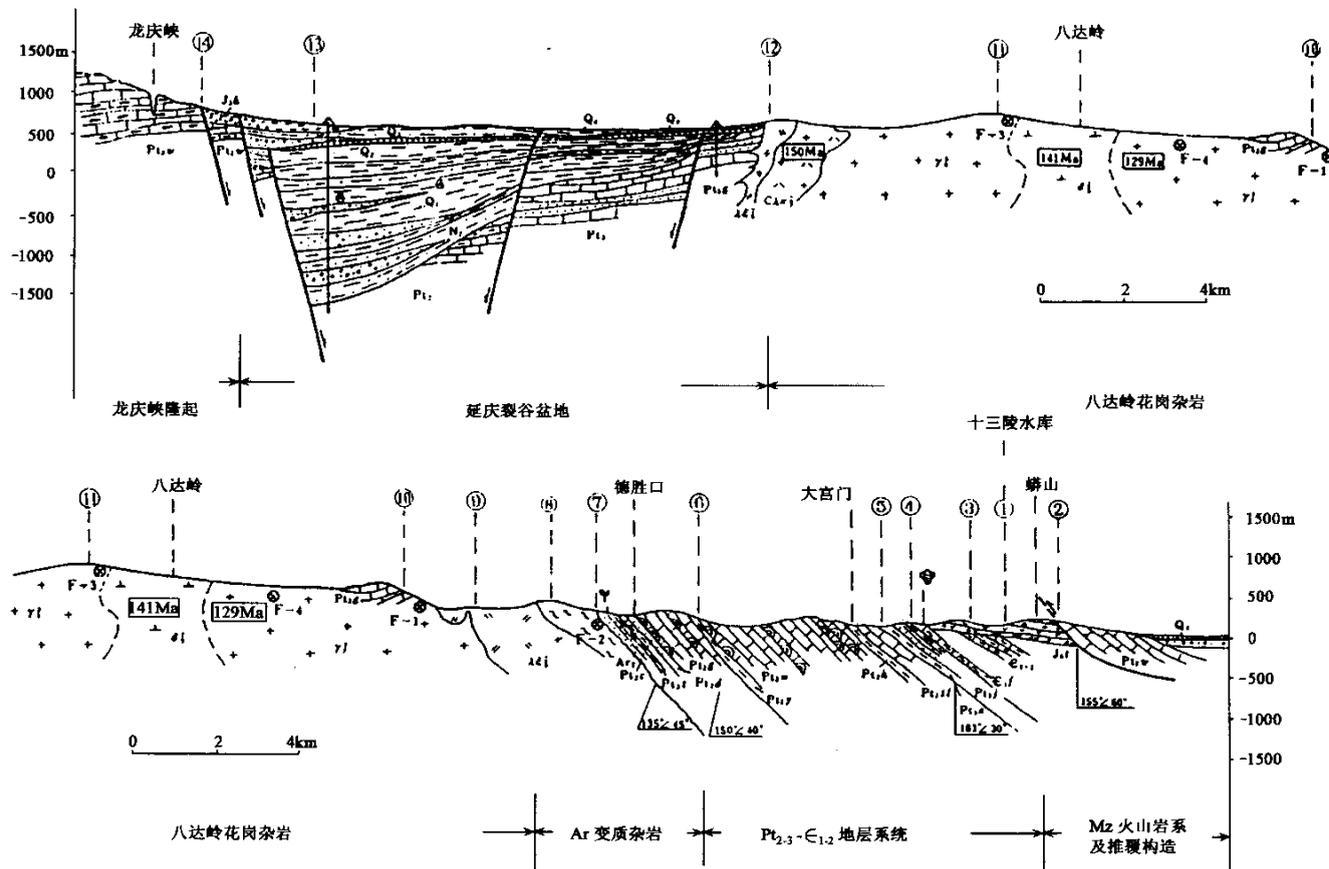


图7 十三陵-龙庆峡地质构造剖面图

Fig.7 Geological cross section of the Ming Tombs-Longqingxia area

①~⑭ 路线观察点; F-1, F-2, F-3和F-4: 热年代学研究取样位置; 141Ma, 129Ma和150Ma: 燕山期花岗岩K-Ar法年龄

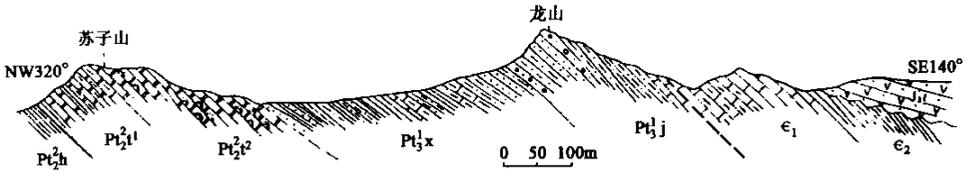


图 8 龙山—苏子山地质剖面图

Fig.8 Geological cross section of the Longshan Mountain-Shuzi Mountain area

假整合接触关系 (图 7, 图 9)。

沿途：出露有中元古界长城系高于庄组中下段、大红峪组、团山子组与串岭沟组地层 (图 5, 图 7)。

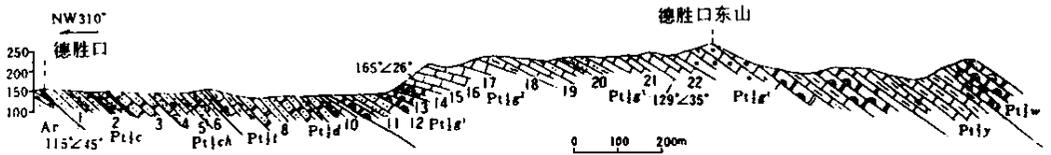


图 9 德胜口地质构造剖面图 (据肖宗正, 1988, 略作修改)

Fig.9 Geological cross section at Deshengkou

⑦ 德胜口水库东侧

观察中元古界长城系中下部地层、太古宙变质杂岩及其间角度不整合—吕梁运动界面 (图 7, 图 9)。

此处长城系厚度较小, 但层位齐全。由高于庄组 (Pt<sub>2</sub><sup>g</sup>) 向下依次为大红峪组石英岩、砂岩; 团山子组铁质白云岩、泥砂质白云岩、细砂岩夹页岩; 串岭沟组页岩、粉砂质页岩及含铁质的砂岩; 常州沟组 (Pt<sub>2</sub><sup>c</sup>) 砂岩与石英岩。常州沟组砂岩与石英岩中发育波痕与交错层理。常州沟组之下为太古宙中英云闪长质片麻岩。原岩以英云闪长岩、花岗岩为主。其中典型变质花岗岩矿物组成为石英 25% ~ 30%, 长石 (斜长石为主) 60% ~ 65%, 角闪石 10% ~ 15%, 磁铁矿 2% ~ 4% (图版 I-3)。

长城系常州沟组 (Pt<sub>2</sub><sup>c</sup>) 与其下太古宙变质杂岩之间呈角度不整合接触关系。即为著名的吕梁运动界面: 此处这一不整合界面代表了 2500 ~ 1800Ma 近 700Ma 的沉积间断。顺吕梁运动界面, 发育玻化岩。显微镜下见玻化岩边缘具强烈挤压与剪切变形特点, 组构定向性明显, 石英眼球体十分发育; 玻化岩由玻璃质与隐晶质长英质成份构成, 其中残留有石英残斑, 新生有一些铁质矿物 (磁铁矿为主) (图版 I-4)。在该点南、北侧沿该不整合面附近, 发育典型韧性剪切变形, 形成厚度不大的眼球状一条带状糜棱岩。这些均为中生代顺吕梁运动界面发生滑脱作用的标志与产物。

⑧ 果庄南

观察太古宙中深变质岩系。

该点出露太古宙角闪岩相变质岩系, 以英云闪长质片麻岩及角闪斜长片麻岩为主, 原岩以英云闪长岩及花岗闪长岩为主, 属太古宙广泛发育的 TTG 侵入岩组合的实例之一, 其侵

入时代 > 25 亿年。变质年龄约为 2500Ma 及 1900 ~ 1800Ma。

#### ⑨果庄

观察燕山早期石英二长岩。

属八达岭复式岩体南部的早期侵入岩,其 K-Ar 法年龄为 139 ~ 145Ma (图 5, 图 7)。岩石以中粗粒结晶结构为主,其中石英含量 10% ~ 15%,斜长石含量 30% ~ 35%,钾长石含量 40% ~ 45%,另含少量黑云母。

#### ⑩姑娘台桥北

观察八达岭复式岩体上浮的高于庄组白云岩顶垂体及其接触热变质作用。

八达岭复式岩体侵位于八达岭复背斜核部,在岩体与中元古界高于庄组碳酸盐岩的侵入接触部位,发育砂卡岩化与大理岩化热接触变质作用。该点高于庄组白云岩 ( $Pt_2^1g$ ) 呈顶垂体形式“漂浮”于岩体之上(图 5, 图 7),接触带已发生较强的大理岩化与蛇纹石化。在燕山其他地区,这类砂卡岩化可导致大、中型铜、钼、铁、铅锌矿床的形成。

#### ⑪八达岭分水岭

观察八达岭杂岩体的主体—八达岭花岗岩及其侵位后的热年代学演化历史。该点出露八达岭复式岩体的主体—中粗粒花岗岩,岩石以中粗粒结晶结构与似斑状结构为主,石英含量 26% ~ 32%,斜长石含量 25% ~ 30%,微斜长石含量 30% ~ 35%,黑云母含量 5% ~ 15%。据 K—Ar 法与 Rb—Sr 等时线法,测得其结晶时代为 130 ~ 129Ma,属燕山晚期侵入岩(图 5, 图 7)。

据八达岭岩体及其周缘岩石锆石、磷灰石裂变径迹法测定结果,结合黑云母的 K—Ar 法测年资料,作热年代学演化曲线,分析古、今八达岭山脉隆升历史。结果表明,自八达岭花岗岩侵位以来,本区发生了两期快速隆升事件。第一期古八达岭山脉的快速隆升发生于 106 ~ 80Ma,其平均隆升速率为 0.13mm/a,隆升总幅度达 6.5km;该期古八达岭山脉在新生代被缓慢夷平(图 10 曲线③所示)。现今八达岭山脉快速隆升始于 6.0Ma,隆升速率达 0.42mm/a,隆升幅度已达 2.5km(图 10 曲线①所示)。现今八达岭山脉的快速隆升与其西北侧延庆盆地的快速裂陷呈良好的镜像对应关系(图 7, 图 10)。

#### ⑫延庆盆地东南侧西二道河

观察延庆盆地东南缘地质构造特点。

新生代后期,八达岭山脉南、北侧均发生了强烈裂陷作用,南部为南口山前裂陷盆地,北部形成延庆山间裂陷盆地。延庆裂谷盆地为一箕状断陷盆地,其西北部裂陷时期长( $N_2 - Q$ ),裂陷幅度大(达 2000m);东南部裂陷时期较短( $Q_{2-3}$ ),裂陷幅度较小(一般小于 300m)。该点可以观察到逐渐超覆的盆地东南缘,其盆缘断裂活动性相对较弱,新生代沉积物很薄,局部出露规模不等的中生代中酸性细晶岩与次火山岩(图 5)。

#### ⑬中羊坊附近

该点位于延庆盆地西北部裂陷中心部位,经钻探查明沉积物( $N_2-Q$ )厚达 1900m ~ 2000m。其沉积速率与沉积厚度明显受盆地西北缘 NE 向活动断裂所控制(图 5, 图 7)。在该点可清晰地远观到延庆盆地西北缘活动断裂带,表现为线性展布的断层崖、断层陡坎、断层三角面,尚伴有线形分布的悬谷、坡积裙与冲、洪积扇群。在 1:20 万彩色 TM 卫片上,该盆缘断裂及其有关横切断裂被显示得非常清楚(图版 II)。

#### ⑭龙庆峡(古城)

近观延庆盆地西北缘断裂特征及其所造成的地貌景观。

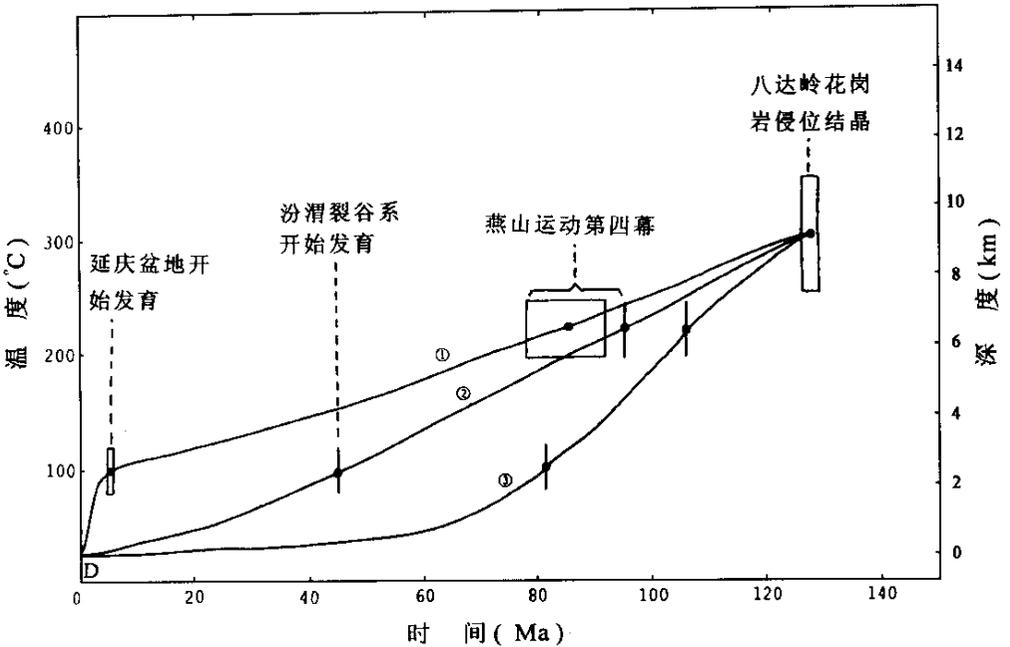


图 10 八达岭山脉热年代学演化与山脉隆升历史图解

Fig.10 Thermochronological evolution and uplift history of Badaling Mountain

图中曲线①对应于样品 F-3 和 F-4；曲线②对应于样品 F-2；曲线③对应于样品 F-1

该点盆缘断裂带走向 NEE，倾向 SE，倾角达 70°左右；上盘为上侏罗统后城组 ( $J_3h$ ) 紫色砂砾岩系，产状平缓；下盘为蓟县系雾迷山组 ( $P_2^w$ ) 燧石条带白云岩，产状近于水平 (图 5，图 7)。该盆缘断裂被横穿延庆盆地的两条近 SN 向断裂所错断；这些近 SN 向断裂倾角近 90°，切割盆缘主断裂带及北侧中、新元古界，形成一些深达近百米的线状沟谷，控制了一些水系定向 (图版 II)；沿其构筑水库，东北为白河堡水库，西南为龙庆峡水库，形成颇为秀丽壮观的自然与人文景观，成为良好的京郊旅游风景区。

沿途：穿过并观察延庆盆地。

⑮八达岭长城

在筑构于八达岭花岗岩的长城上，可以向西远眺延庆盆地及官厅水库形态特征，向东观察八达岭—南口—孙河北西向活动断裂带及其所形成的直线状沟谷地貌特征 (图 5、图版 II)。

综上所述，十三陵—龙庆峡—八达岭地质路线 (即 30 届国际地质大会的“T218”路线)，充分展现了北京地区的自然条件优势和燕山山脉的地质构造特色。因此，多年来曾广泛面向国际地学会议和国外地学团、组代表进行野外路线观察交流，其中包括国际地质力学、构造地质、地球动力学、大陆裂谷及深部作用、全球地学断面 (GGT) 国际地质大会与两岸三地及海外华裔地质学家学术会议代表以及若干国际地学科研与教育团、组人员等，共约数十个国家的数百名地学专家、教授及若干国际地学组织的领导者。通过多次现场交流说明，这是一条在大陆地质构造及陆内造山作用方面颇具典型性、代表性的地质路线——地质历程齐全，构造运动界面清晰，各种地质构造现象集中，构成一个十分难得的“天然陈列

馆”。可将其视为“燕山型陆内造山作用”国际性现场展示窗口。一些国际知名的地质学家认为,这条路线上若干重要现象(如吕梁运动界面与古克拉通陆壳基底的形成、著名的中新元古代经典剖面、全球著名的燕山运动各种地质事件、喜马拉雅重造山期的裂谷作用与盆—山构造格局等)具有超级区域性(Super Regional)或洲际性意义。还应该指出的是,在这条山川秀丽、交通方便的路线上,地质构造的天然景观与文化古迹的人文景观得到巧妙结合和融为一体。正如地球物理学家刘光鼎院士所指出的,这种地质旅游路线“完全可以象美国 San Andreas 断裂那样,成为有充分地质内涵的旅游资源”。

#### 附:图版说明

图版 I 1. 蟒山南坡的凤山逆冲—推覆断裂( $Pt_2w$  逆冲于  $J_3t$  之上)

2. 凤山断裂下盘构造角砾岩

3. 德胜口太古宙变质花岗岩微观特点( $2.5\times$ , 正交偏光)

4. 德胜口沿吕梁运动界面发育的玻化岩带边缘微观特征( $2.5\times$ , 正交偏光)

图版 II 北京城区—十三陵—龙庆峡—八达岭地区 TM 卫片影像

#### 参 考 文 献

- [ 1 ] Wong, W. H. Crustal movement and igneous activities in eastern China since Mesozoic time [ J ]. Bull. Geol. Soc. China, 1927, 6 ( 1 ).
- [ 2 ] Lee, J. S. Geology of China [ M ]. London: Thomas Murby and Co., 1939.
- [ 3 ] 黄汲清. 中国主要地质构造单元 [ M ]. 北京:地质出版社, 1954, 86.
- [ 4 ] 张文佑, 等. 中国及邻区海陆大地构造 [ M ]. 北京:科学出版社, 1986.
- [ 5 ] Khain, V. E., et al. Tectonic Map of the World ( 1 : 45000000 ) [ M ], Moscow, 1982.
- [ 6 ] Cui Shengqin, Li Jinrong, Zhao Yue. On the Yanshanian movement of peri-Pacific tectonic belt in China and its adjacent areas [ A ]. In: Scientific Papers on Geology for International Exchange [ C ], Prepared for the 27th International Geological Congress, 1985. Beijing: Geological Publishing House, 221 ~ 234.
- [ 7 ] Cui Shengqin, Li Jinrong. Himalayan tectonic evolution in the East Asia Peri-Pacific region [ J ]. Acta Geol. Sin., 1990, 3 ( 3 ): 233 ~ 246.
- [ 8 ] Sun Dianqing, Cui Shengqin. On the major tectonic movements of China. In: Scientific Papers on Geology for International Exchange [ A ], Vol. 1, Prepared for the 26th International Geological Congress [ C ]. Beijing: Geological Publishing House, 1980, 15 ~ 26.
- [ 9 ] Tien, C. C. Stratigraphy and palaeontology of the Sinian rocks of Nankou [ J ]. Bull. Geol. Soc. China, 1923, 2 ( 1 ~ 2 ).
- [ 10 ] Kao, C. S., Hsiung, Y. H., Kao, P. Preliminary notes on Sinian stratigraphy of North China [ J ]. Bull. Geol. Soc. China, 1934, 13: 243 ~ 276.
- [ 11 ] Grabau, A. W. The Sinian System [ J ]. Bull. Geol. Soc. China, 1922, 1 ( 1 ): 1 ~ 4.
- [ 12 ] Lee, J. S., Chao, Y. H. Geology of the gorge district of the Yangtze ( from Ichang to Tzekuei ), with special reference to the development of the Gorges [ J ]. Bull. Geol. Soc. China, 1924, 3 ( 3 ~ 4 ): 351 ~ 391.
- [ 13 ] 全国地层委员会编. 中国地层指南及中国地层指南说明书 ( 修订版 ) [ M ]. 北京:地质出版社, 2001.
- [ 14 ] 北京市地质矿产局, 北京市区域地质志 [ M ]. 北京:地质出版社, 1991, 598.
- [ 15 ] 赵越, 崔盛芹, 郭涛, 徐刚. 北京西山侏罗纪盆地演化及其构造意义 [ J ]. 地质通报, 2002, 21 ( 4 ~ 5 ): 211 ~ 217.
- [ 16 ] 崔盛芹, 杨振升, 仇甘霖, 葛肖虹. 燕山地区晚元古代 ( 震旦亚代 ) 古构造演化史 [ A ]. 见: 国际交流地质学学术论文集 [ C ]. 北京:地质出版社, 1980. 117 ~ 128.
- [ 17 ] Cui Shengqin, Wu Ganguo, Wu Zhenhan, Ma Yinsheng. Structural Features and Stratigraphy of the Ming Tombs-Badaling Area,

Beijing—Field Trip Guide T218 of 30th International Geological Congress [ M ]. Beijing : Geological Publishing House , Beijing , China , 1996 , 1 ~ 17 .

- [ 18 ] Cui Shengqin , Wu Zhenhan . On the Mesozoic and Cenozoic intracontinental orogenesis of the Yanshan area , China . In : Zheng et al . ( eds . ) , Proceedings of 30th International Geological Congress . The Netherlands : VSP Science Publication , 14 , 1997 , 277 ~ 292 .
- [ 19 ] 易明初 , 李晓 . 燕山地区喜马拉雅运动及现今地壳稳定性研究 [ M ] . 北京 : 地震出版社 , 1991 .
- [ 20 ] 崔盛芹 , 李锦蓉 , 吴珍汉 , 易明初 , 沈淑敏 , 尹华仁 , 马寅生 . 燕山地区中生代陆内造山作用 [ M ] . 北京 : 地质出版社 , 2002 . 386 .
- [ 21 ] 崔盛芹 , 李锦蓉 , 孙家树 , 王建平 , 吴珍汉 , 朱大岗 . 华北地块北缘构造运动序列及区域构造格局 [ M ] . 北京 : 地质出版社 , 2000 . 326 .
- [ 22 ] 朱大岗 , 吴珍汉 , 崔盛芹 , 吴淦国 , 马寅生 , 冯向阳 . 燕山地区中生代岩浆活动特征及其与陆内造山作用关系 [ J ] . 地质论评 , 1999 , 45 ( 2 ) : 163 ~ 172 .
- [ 23 ] 崔盛芹 . 论全球中—新生代陆内造山作用与造山带 [ J ] . 地学前缘 , 1999 , 6 ( 4 ) .

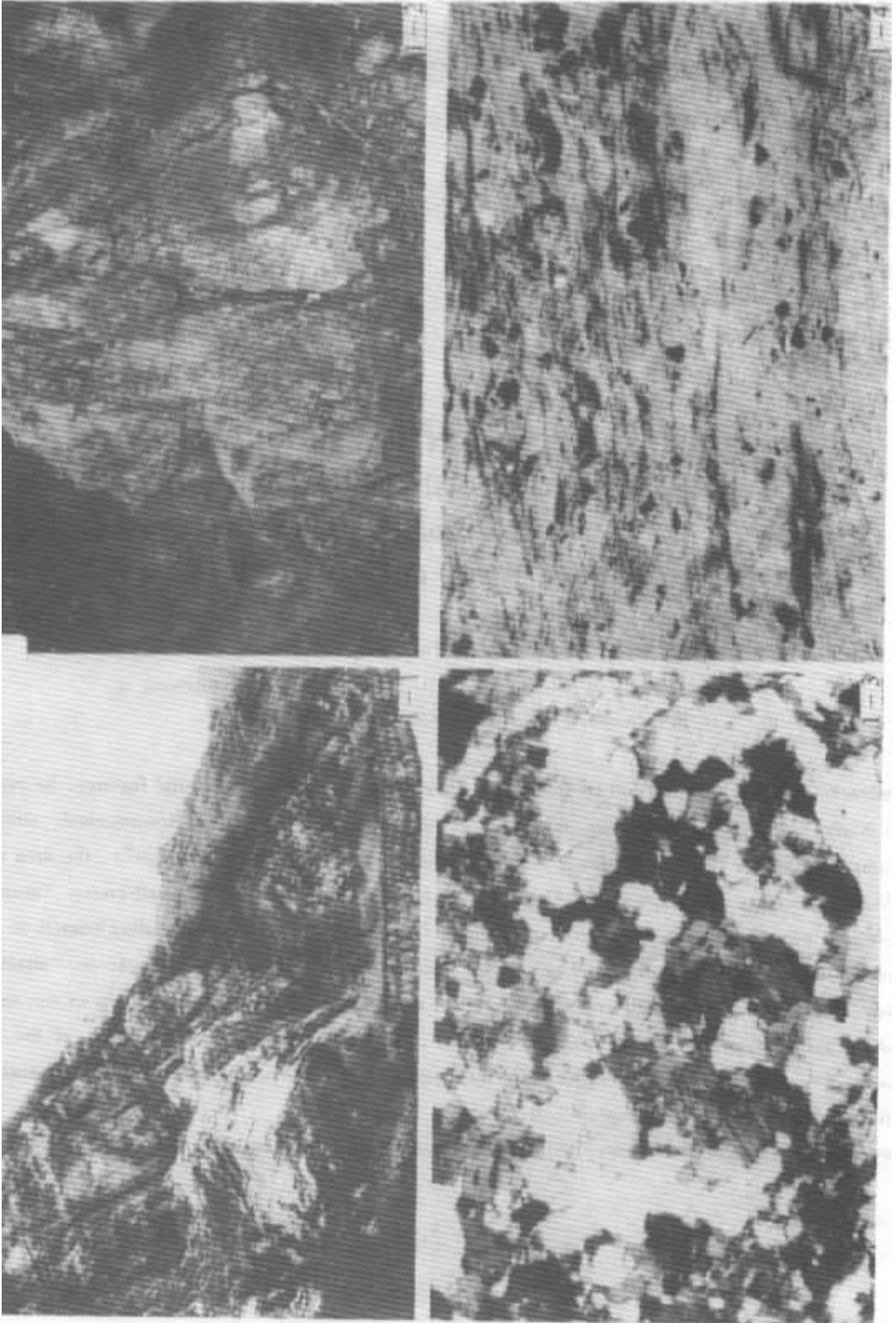
## MESO-CENOZOIC INTRACONTINENTAL OROGENIC PROCESS IN THE BEIJING AREA —A Case Study Based on Geological Observations from the Ming Tombs to Badaling Mountain

CUI Sheng-qin , WU Zhen-han , MA Yin-sheng , LI Jin-rong , YI Ming-chu ,  
ZHAO Yue , WU Gan-guo , ZHU Da-gang , FENG Xiang-yang  
( *Institute of Geomechanics , CAGS , Beijing 100081 , China* )

**Abstract** : The magnificent Yanshan Mountains , famous for their unique structural features , lie north of the North China Plain . They are the place of the world-renowned Meso-Neoproterozoic stratotype ( formerly called the “ Sinian System of Northern China ” or the “ Sinian Suberathem ” ) , the area of the oldest continental crust exposed in China , and the place from which the well-known Yanshanian Movement was named . The field trip route of the Ming Tombs-Longqing Gorge-Badaling extends in a NW direction across the NE-trending Archean metamorphic complex , famous Meso-Neoproterozoic stratotype , Mesozoic tectono-magmatic belt and Cenozoic basin-range system . Through observations of the tectonic features and stratigraphic system along the traverse , one can gain a general knowledge of the Meso-Cenozoic intracontinental orogenic process of the Beijing area in the western segment of the Yanshanian intracontinental ( intraplate ) orogenic belt .

**Key words** : Yanshan Mountains ; Beijing area ; Meso-Cenozoic ; intracontinental orogenic process

图版 I



图版 II

