

辽宁绥中永安堡构造窗的识别及其地质意义

汪 洋^{1, 2)} 姬广义³⁾

1) 中国科学院广州地球化学研究所同位素年代学和地球化学重点实验室, 广东广州 510640;

2) 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083; 3) 北京市地质研究所, 北京 100011

摘 要 为更好理解燕山带的构造, 作者在燕山地区开展了构造填图。在近年来的构造填图中于辽宁省绥中县永安堡地区识别出大型的构造窗, 其原始的逆掩推覆构造系统上盘由太古宇片麻岩及上覆岩系组成, 而下盘由强烈韧性变形的张家口组火山岩系组成。填图结果表明, 永安堡地区并不是一个张家口组岩层形成的宽缓向斜, 也不是大型古火山机构。燕山地区在早白垩世张家口组火山岩喷发之后仍然存在强烈的区域挤压变形作用。基于野外观察和填图工作, 我们认为国内已发表的地质图件未能真实反映燕山带的区域构造基本特征。

关键词 逆冲推覆构造, 重褶皱, 早白垩世, 永安堡, 燕山

The Yong'anpu Tectonic Window in Suizhong County, Liaoning Province: Its Identification and Geological Implications

WANG Yang^{1, 2)} JI Guangyi³⁾

1) Key Laboratory of Isotope Geochronology and Geochemistry, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong 510640; 2) School of Earth Science and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083;

3) Geological Institute of Beijing Municipality, Beijing 100011

Abstract For the purpose of understanding the Mesozoic tectonics of Yanshan belt, the authors carried out geological mapping in this belt. During the mapping, a large-scale thrust structure was identified in Yong'anpu area, western part of Suizhong County, Liaoning Province. The hanging wall of the thrust is composed of Archean gneiss and the overlying strata, and the strongly ductile deformed volcanic rocks of Early Cretaceous Zhangjiakou Formation comprise the foot-wall in Yong'anpu inlier. The mapping indicates that there exists no "ancient volcanic apparatus" in Yong'anpu area, and that the structure of Yong'anpu area is not an open syncline of Zhangjiakou Formation. However, there does exist a strongly compressional deformation in Yanshan belt after the eruption of Early Cretaceous Zhangjiakou volcanic rocks. Based on the authors' mapping and research, it can be concluded that the geological maps published by geologists in China have failed to identify major structural features of Yanshan belt.

Key words thrust structure, refolding, Early Cretaceous, Yong'anpu, Yanshan

燕山是燕山运动的命名地, 自翁文灏(1928)的开创性工作以来, 对燕山晚中生代构造的研究取得了许多重要成果。然而对燕山地区的主要变形事件的变形过程、时限、时代和构造背景等方面仍存在诸多争论和问题(赵越等, 2004), 其中一个重要的争议是燕山早白垩世的构造属性。近年来的岩石地球

化学研究认为燕山在早白垩世已进入伸展阶段(刘红涛等, 2002; 翟明国等, 2003), 部分构造地质学者也赞同此种看法(赵越等, 2004; 徐刚等, 2006)。近来的构造地质学研究则显示燕山地区在早白垩世早期仍然发育强烈的挤压构造, 例如: 北京北部的四合堂推覆体及密云水库韧性推覆断层的活动时限一

本文由国家自然科学基金资助项目(编号: 40572128, 40376013, 40104003)、中国博士后科学基金资助项目和中国科学院王宽诚博士后奖励基金资助项目联合资助。

责任编辑: 刘志强; 收稿日期: 2006-11-07; 改回日期: 2006-12-22。

第一作者简介: 汪洋, 男, 1969 年生, 博士, 主要从事岩石学和构造地质学研究; 通讯地址: 100083, 北京市海淀区学院路 29 号;

E-mail: allen_thalassa@sina.com。

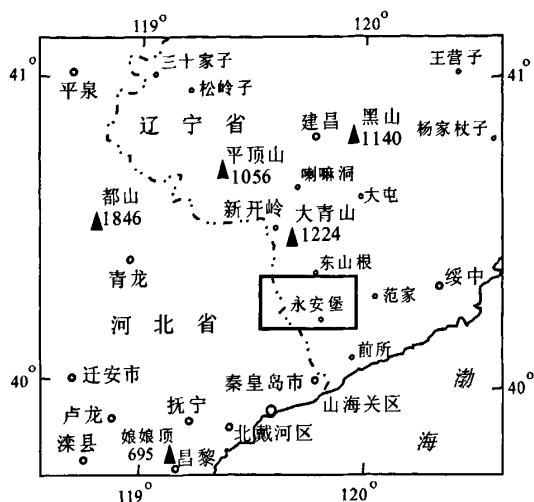


图1 永安堡地理位置示意图

Fig. 1 Geographic location of the Yong'anpu area

直持续到 127 Ma 之后 (Davis et al., 2001), 在承德市西南的大贵口逆断层错断了 117 Ma 的岩株 (Davis et al., 2001); 在北京东部的丰台顶地区早白垩世张家口组火山岩已卷入高度变形的褶皱推覆系统 (姬广义等, 2004; 汪洋等, 2005a); 在辽西地区早白垩世义县组广泛卷入逆掩推覆构造 (杨庚等, 2001)。另外, 对辽西凌源地区火山岩的高精度地质年代学研究和地质填图表明, 该地区张家口组火山岩顶界年龄为 132 ~ 130 Ma, 而角度不整合覆盖其上的义县组下部火山岩年龄为 125 ~ 122 Ma, 表明在 130 ~ 125 Ma 期间辽西地区经历过挤压构造变形 (张宏等, 2005, 2006)。因此对于正确认识燕山地区早白垩世的构造属性, 开展构造地质学野外工作仍然是一项必要的基础工作。本文简要报道作者在辽西绥中县永安堡地区发现的卷入早白垩世张家口组火山岩的构造窗, 以期抛砖引玉, 引发广大地质界同仁对燕山带野外构造研究的兴趣, 详细结果将另文发表。

1 永安堡构造窗基本构造地质特征

永安堡地区位于辽宁省西南端绥中县的西部 (图 1)。在地质上, 该地区大面积出露的早白垩世张家口组火山岩, 其范围东达辽宁省绥中县郭庄、下九门台一线, 西至河北省青龙县马杖子、梓罗台子一带, 北起辽宁省绥中县王家店、明水, 南至河北省抚宁县大毛山到辽宁省绥中县坡山洞一线; 火山岩主

体出露在辽宁省绥中县西部, 整体平面形态呈卵形, 长轴近东西向展布 (图 2)。

20 世纪 70 年代的山海关幅 1: 20 万区域地质调查, 认为永安堡地区的张家口组火山岩呈缓倾角不整合于其周边的太古宇之上, 总体呈现宽缓向斜形式, 称为“永安堡向斜” (图 3) (河北省地质局第二区域地质测量大队, 1974)。辽宁省区域地质志 (1989) 认为“永安堡向斜”是一个早白垩世大型古火山机构。近年实施的 1: 25 万青龙幅地质图修测沿袭了“大型古火山机构”的认识 (孙善平, 面告)。传统上认为, “永安堡向斜”属于燕山东南端的山海关穹隆, 该“穹隆”整体为一硕大的紫苏花岗岩片麻岩—混合花岗岩穹隆, 主要由太古宇基底组成, 而在早白垩世经历了强烈的岩浆活动, 但挤压构造不甚发育 (河北省地质矿产局, 1988)。

本文作者的野外工作结果显示, 永安堡一带早白垩世张家口组火山岩系出露区地质构造十分复杂 (图 2, 图 4)。该“向斜”内部的构造形式并非山海关幅 1: 20 万区域地质图中 A-B 图切剖面所显示的宽缓向斜那样简单 (图 3)。“永安堡向斜”内部的早白垩世张家口组火山岩层和火山碎屑沉积岩层已强烈褶皱 (图版 I - 1, 2, 3, 4, 图版 II - 1, 2), 甚至呈现出复杂的重褶皱褶皱形态 (图版 I - 3), 是其经历韧性变形的直接地质证据。例如, 在“永安堡向斜”东南部的坡山洞村北碎屑沉积岩层发育紧闭褶皱 (图版 II - 2); 在“向斜”东端的大凤口水库大坝西, 流纹岩层平卧褶皱被近垂直的透入性劈理垂直交切 (图版 I - 4); 在“向斜”中部偏西的加碑岩岭头村南粗面岩中可见劈理褶皱 (图版 I - 2); 在“向斜”西南部旧关村南流纹岩发育重褶皱 (图版 I - 3)。有人认为“这些褶皱实际上是在冷却固结成岩之前岩浆流动变形的结果, 而不是冷却固结成岩之后再度发生韧性变形的结果。”然而, 对活火山喷发岩浆的野外观察和大量的实验均表明: “在冷却固结成岩之前岩浆流动变形”是每次喷发的单一岩流在流动过程中的变形, 下次喷发的岩浆形成新的岩流, 而其下伏岩流此时已经固结 (Thorpe et al., 1985)。如果这些褶皱是“在冷却固结成岩之前岩浆流动变形”, 那么, 火山岩新、老岩流之间的变形形态绝不可能协调一致。同时, 在岩浆未固结的流体状态下, 不可能发育透入性劈理, 更不可能发育大角度交切不同岩性层的透入性的劈理 (图版 I - 4), 否则就违背了基本的力学原理和构造地质学概

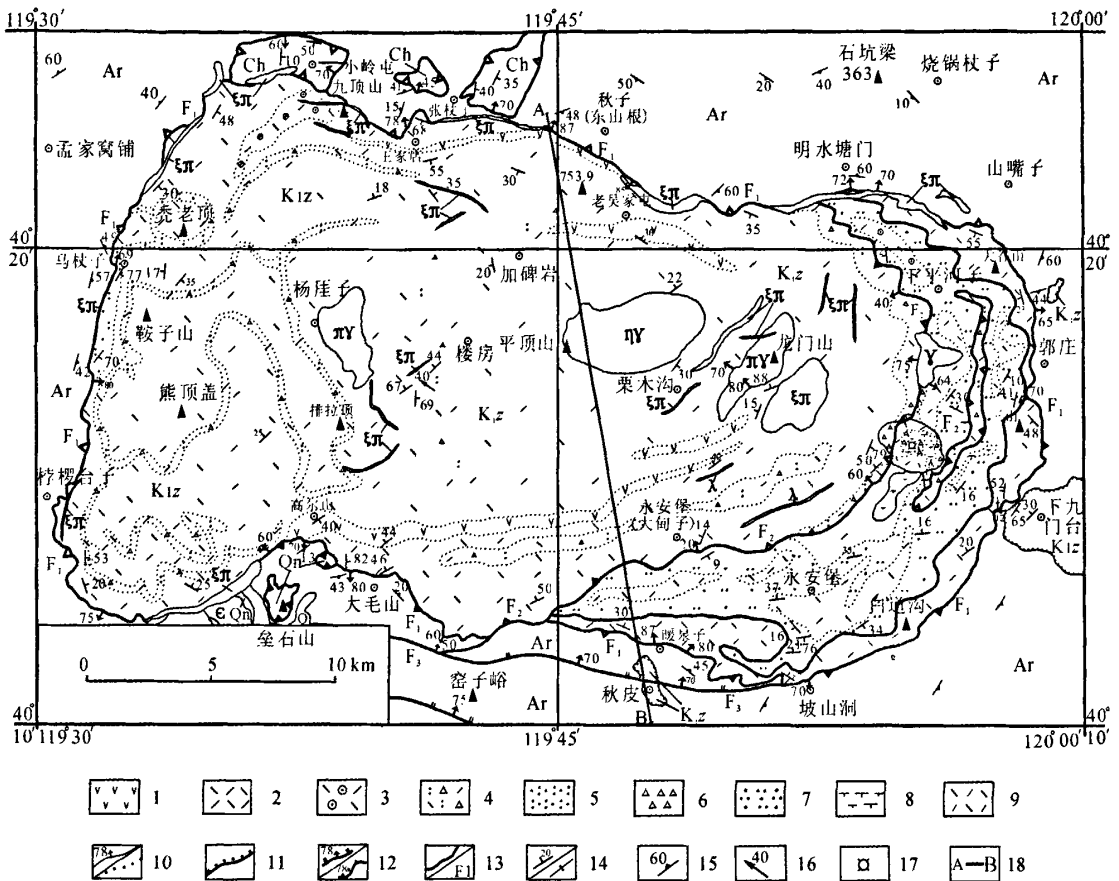


图 2 永安堡构造窗地质图

Fig. 2 Geological map of the Yong'anpu tectonic window

Q-第四系; K_{1z}-早白垩世张家口组; O-奥陶系; ε-寒武系; Qn-青白口系; Ch-长城系; Ar-太古宇; ξπ-正长斑岩; λ-流纹斑岩; ηγ-二长岩; πγ-斑状花岗岩; γ-碱性花岗岩; 1-安山岩; 2-流纹岩; 3-球粒流纹岩; 4-流纹质熔结角砾凝灰岩; 5-凝灰质砂岩; 6-火山角砾岩; 7-凝灰质砂砾岩; 8-粗安斑岩; 9-流纹斑岩; 10-地质界线及产状/火山岩岩相及界线; 11-角度不整合界线; 12-正断层/逆掩断层及产状; 13-性质不明断层/断层编号; 14-岩层产状/直立产状; 15-片麻理及产状; 16-线理及产状; 17-古火山口; 18-剖面线

Q-Quaternary; K_{1z}-Early Cretaceous Zhangjiakou Formation; O-Ordovician; ε-Cambrian; Qn-Neoproterozoic Qingbaikou Group; Ch-Mesoproterozoic Changcheng Group; Ar-Archean; ξπ-syenite porphyry; λ-rhyolite porphyry; ηγ-monzonite; πγ-granite porphyry; γ-alkaline granite; 1-andesite; 2-rhyolite; 3-pyromeride; 4-rhyolitic welded pyroclastic rocks; 5-tuffaceous sandstone; 6-volcanic breccia; 7-tuffaceous psepholite; 8-trachyandesitic porphyry; 9-rhyolite porphyry; 10-geological boundary and its attitude/volcanic facies and boundary; 11-angular unconformity; 12-normal fault and its dip/thrust fault and its dip; 13-undeterminate fault/serial number of fault; 14-stratigraphic attitude/vertical attitude; 15-gneissosity; 16-lineation and its pitch angle; 17-fossil volcanic crater; 18-section line

念(Ramsay et al., 2000)。野外观察到的“永安堡向斜”内部各岩层一起发生协调一致的褶皱以及重褶褶皱,还有劈理面的褶皱(图版 I-2, 3, 4, 图版 II-1),既不是单一岩流的褶皱,也不是各岩流互不协调的褶皱,无法用“在冷却固结成岩之前岩浆流动变形”来解释。同时,碎屑沉积岩层的褶皱(图版 I-1, 图版 II-2)更不可能是所谓“在冷却固结成岩之前岩浆流动变形的结果”。

野外地质观察表明,“永安堡向斜”内部的张家口组火山岩系与太古宇接触处未发育底砾岩,属断层接触(图 5),而在“向斜”外太古宇分布区的秋皮、下九门台和郭庄以北地区(图 2),则可以见到残存的张家口组与太古宇不整合接触关系的相关证据(在这些地点,张家口组底部沉火山碎屑岩中均发育有大量下伏太古宇片麻岩—混合岩化片麻岩成分的砾石,图版 II-3)。“向斜”内张家口组中的河流

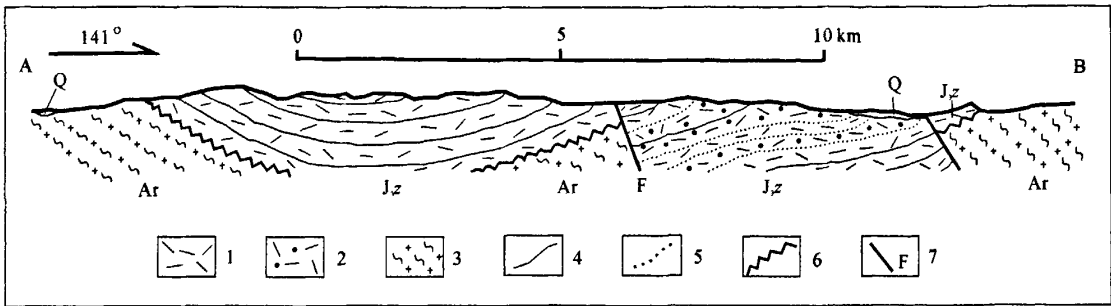


图3 原永安堡一带地质剖面图(据山海关幅1:200 000地质图,1974)

Fig. 3 Previous geological section of the Yong'anpu area (from the 1:200 000 Shanhaiguan sheet, 1974)

Q-第四系; J₃z-晚侏罗世张家口组; Ar-太古宇; 1-酸性熔岩; 2-酸性火山碎屑岩; 3-片麻状混合花岗岩; 4-岩层界线; 5-火山岩岩相界线; 6-角度不整合界线; 7-断层

Q-Quaternary; J₃z-Late Jurassic Zhangjiakou Formation; Ar-Archean; 1-acid lava; 2-acid pyroclastics; 3-gneissic granite; 4-lithological boundary; 5-volcanic facies boundary; 6-angular unconformity; 7-fault

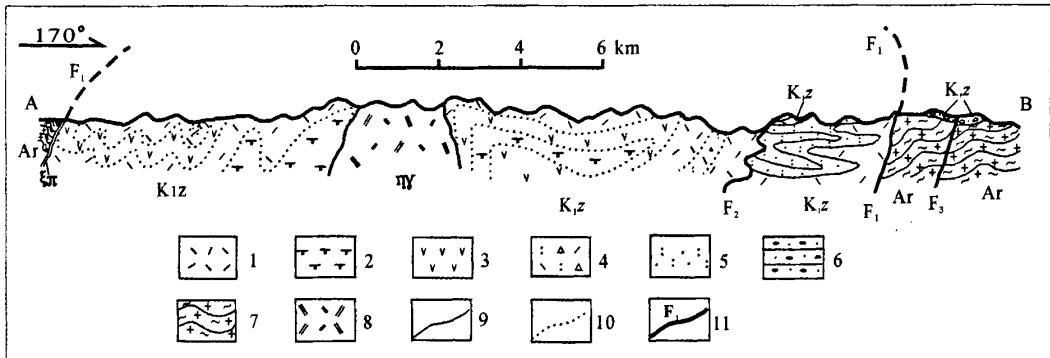


图4 永安堡构造窗地质剖面图(剖面位置见图2)

Fig. 4 Geological section across the Yong'anpu tectonic window (for location of section see Fig. 2)

K₁z-早白垩世张家口组; Ar-太古宇; ξπ-正长斑岩; ηγ-二长岩; 1-流纹岩; 2-粗安岩; 3-安山岩; 4-流纹质熔结角砾凝灰岩; 5-凝灰质砂砾岩; 6-砂质砾岩; 7-花岗片麻岩; 8-二长岩; 9-地质界线; 10-火山岩岩相界线; 11-断层及编号

K₁z-Early Cretaceous Zhangjiakou Formation; Ar-Archean; ξπ-syenite porphyry; ηγ-monzonite; 1-rhyolite; 2-trachyandesite; 3-andesite; 4-rhyolitic welded pyroclastic rock; 5-tuffaceous sandstone; 6-conglomerate; 7-granitic gneiss; 8-monzonite; 9-lithological boundary; 10-volcanic facies boundary; 11-fault and its serial number

相火山碎屑沉积岩与火山熔岩具有明确的层位关系,是火山岩系中的沉积夹层而非底砾岩。同时,“向斜”内部张家口组火山岩与太古宇两者接触面大角度交切火山岩系内部组构所反映的构造面(图2,图4;图版Ⅱ-4)。因此,“永安堡向斜”内部的早白垩世张家口组火山岩系与周边太古宇岩系之间并非不整合接触,而是断层接触关系。2002年编制的《中国地质图集》中的辽宁省地质图,亦将“永安堡向斜”早白垩世火山岩与其周边太古宇岩系之间识别为断层接触关系。

野外地质观察同时表明,“永安堡向斜”周边的

断层(F₁)现今为陡倾角高角度断层(图2,图4),而不是如山海关幅1:20万区域地质图所认为的那样向火山岩系内部缓倾(图3)。例如:在“永安堡向斜”北部的王家店—秋子—明水塘门一线,边界断层向北陡倾,倾角在70°~87°之间变化;东部的大谷山—三山一线,陡倾的边界断层倾角变化于70°(向西倾)~85°(向东倾)之间;南部坡山洞—暖泉子—大毛山一线断层倾角变化于60°~80°(向南倾)到60°~85°(向北倾)之间;西部桦楞台子—马杖子一线断层倾角在69°~80°之间变化(图2)。值得注意的是,“永安堡向斜”的边界断层面不发育断

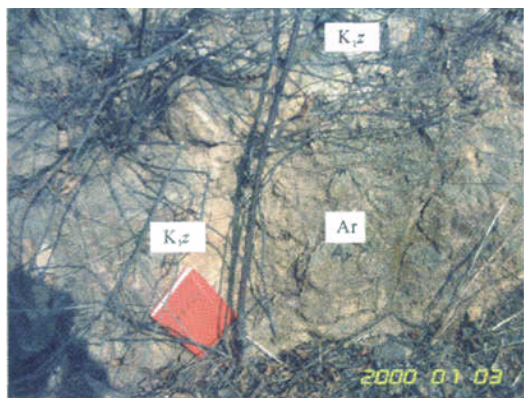


图 5 永安堡构造窗边界断层特征 (F_1)

(辽宁省绥中县暖泉子, 镜头方向 40° 。接触面没有底砾岩, 断层接触; 陡立的断层面平行于野外记录簿)

Fig. 5 Boundary fault of the Yong'anpu tectonic window (F_1) (Nuanquanzi Village, Suizhong County, Liaoning Province, view in 40° direction. There is no basal conglomerate along the contact boundary, and it belongs to fault contact; with the steep fault surface in parallels with the field notebook)

层泥、断层角砾岩或糜棱岩, 与阿尔卑斯山发育的某些大型逆掩断层的特征完全相同 (Heim, 1922; Billings, 1947)。

综合上述, “永安堡向斜”并不是山海关幅 1:20 万区域地质图中所表示的宽缓向斜, 也不是一个大型古火山机构。在该“向斜”内部, 仅在三山西部发育有一个小型古火山机构; 而大部分出露岩系实为强烈褶皱的火山岩层和火山碎屑沉积岩层 (图 2, 图 4, 图版 I - 1, 2, 3, 4, 图版 II - 1, 2)。“永安堡向斜”内部火山岩系的重褶褶皱等韧性变形形式指示这些火山岩曾被埋藏于地壳深部的韧性变形域。流变学研究表明, 即使在高地温梯度背景下, 上地壳岩石发生脆、韧性变形转换的深度也不低于 10 km (Ranalli, 1995)。因此, “永安堡向斜”内部火山岩系曾位于地表下 10 km 以上的深度。野外观察显示, “永安堡向斜”外围覆于太古宇岩系之上的由中一新元古界和/或古生界、中生界岩系组成的构造岩片的韧性变形程度不及“向斜”内部的早白垩世火山岩系。所以, “向斜”内部火山岩系位于一个由太古宇及其上覆岩系为上盘的大型逆掩断层之下, 图 2、图 4 中的 F_1 断层是该逆掩断层现今在地表出露的行迹; 而 F_1 断层在剖面上的背形形态、在平面上的环状形态是逆掩断层面经历后期变形的结果。

所以, 所谓“永安堡向斜”实际上是一个构造窗, 该构造窗内部出露的经历强烈变形的早白垩世张家口组火山岩属于一个大型逆掩断层系统的下盘岩系。

整体而言辽宁省绥中县永安堡一带可分出三套构造系统: ①下部构造系统为出露于永安堡构造窗内部的经历强烈变形的张家口组火山岩系, ②中部构造系统是永安堡构造窗外围由太古宇岩系及不整合其上的张家口组火山岩组成的岩系, ③上部构造系统是压覆在中部构造系统之上的由中一新元古界和古生界、中生界组成的岩片。在大规模推覆、褶皱作用之后, 具晶洞构造的偏碱性岩体侵位, 正长岩脉沿永安堡构造窗边界断层的侵入, 形成永安堡一带目前的地质构造和岩性分布格局。

2 讨论

自翁文灏 (1928) 首先在燕山地区识别出逆冲推覆构造形迹以来, 人们在燕山带乃至华北东部已然识别出众多的逆掩推覆断层 (陈恺等, 1935; 何镜宇, 1957; 张之一等, 1986; 张长厚等, 1997; Chen, 1998; Davis et al., 1998, 2001; 郑亚东等, 2000; 杨庚等, 2002; 姬广义等, 2005; 汪洋等, 2005a)。由于燕山发育的逆掩断层中多有太古宇基底卷入, 因此目前国内对燕山带侏罗—白垩纪逆冲推覆构造的“主流”认识强调: 燕山带以太古宇基底卷入挤压断层的厚皮构造为主, 大部分逆冲断层以浅缓深陡的几何形态向下插入老基底, 从而限制了其在水平方向的位移量, 逆冲构造主要由中生代盆地边缘向盆地内部逆冲, 不发育透入性应变; 并认为其水平位移量相当有限 (杨农等, 1996; 王瑜, 1996; 张长厚等, 1997; Chen, 1998; 宋鸿林, 1999)。同时, 强调自早白垩世张家口组形成 (135 Ma) 以来, 燕山带挤压活动微弱, 进入伸展构造发育阶段, 甚至认为在早白垩世后期已进入非造山的裂谷阶段 (刘红涛等, 2002; 翟明国等, 2004; 赵越等, 2004)。

前人基于对经典造山带的研究指出, 不能依据是否卷入太古宇基底来判断挤压断层是否属于厚皮构造 (Hatcher et al., 1992; Davis, 1999)。我们在永安堡地区的填图结果表明: 燕山带逆冲构造不但导致中一新元古界组成的逆冲岩席大范围压盖在中生代火山—沉积盆地之上 (姬广义等, 2004; 汪洋等, 2005a), 而且太古宇及其上覆岩系也可以形成大规模逆冲岩席压盖于中生代火山—沉积岩系之

上;同时,燕山带相当部分的陡倾角断层面很可能是其经历后期变形所致。地球物理研究也表明燕山地区构造运动使有些古老的太古代岩块抬升到上地壳中,有些已经出露地表(张季生等, 2005)。我们填图工作所揭示的早白垩世火山—沉积岩系的强烈褶皱表明,燕山地区早白垩世存在具有区域意义的透入性挤压应变,认为燕山地区中生代不发育区域规模透入性韧性变形的观点是站不住脚的。结合此前的研究成果(Davis et al., 1998, 2001; 郑亚东等, 2000; 杨庚等, 2001; 姬广义等, 2004; 汪洋等, 2005a),可以肯定地认为,燕山带早白垩世的挤压构造形迹比现有地质图所反映出来的要强烈得多,而绝非局部或个别的现象。由此而引申的结论必然是:燕山地区地质构造图件需要重新进行修订,而建立在以前地质图件资料基础上的许多认识也需要重新审视,部分从事燕山地区构造研究的学者被现有地质图件引入误区,其归纳总结的燕山造山带中生代构造特征值得商榷。

我们的填图结果显示,燕山地区包括早白垩世张家口组在内的中生代火山—沉积岩系已广泛卷入复杂的挤压构造系统,现今出露的中生代岩系的边界多数是后期逆冲断层的地表迹线,不能代表火山—沉积盆地的原始边界,所以不能根据目前地表出露的中生代火山—沉积岩系出露区的边界走向来推论不同时段构造格局的变化。依据现今出露的中生代火山—沉积岩系出露区边界的走向,来论证燕山地区构造线方向的转动(北京市地质矿产局, 1991; 李忠等, 2003),在逻辑上属于循环论证,是不恰当的。

前人主要依据华北地区东部中生代岩浆岩岩石学、地球化学以及中生代火山—沉积盆地分析的研究结果认为,华北地区东部中生代的构造转折始于140~150 Ma,自早白垩世起构造机制已由挤压转变为伸展(刘红涛等, 2002; 翟明国等, 2003)。我们通过构造填图所提供的基本地质事实,并不支持上述看法。基于燕山地区广泛发育卷入早白垩世火山—沉积岩系的强烈挤压构造形迹(杨庚等, 2001; 汪洋等, 2005a),以及 Davis 等(2001)所指出的燕山地区由科迪勒拉型变质核杂岩的发育所指示的地壳减薄发生在的120 Ma的基本事实。我们认为,燕山地区构造机制由挤压向后造山阶段伸展转变所发生的时代是在早白垩世晚期(约120 Ma)。

燕山地区早白垩世大规模挤压构造的存在表

明,当时燕山地区地壳仍然处于加厚过程中。结合我们对燕山地区早白垩世早期火成岩的研究结果,可以估算出当时燕山地区的古地形高度将在造山运动之前的基础上抬升约3.7 km(汪洋等, 2005b)。因此在早白垩世早期燕山地区具备高海拔地形,呈现高原地貌。据此可以推断,当时东来的太平洋暖湿气流将在燕山东南麓形成充沛的降水,从而有利于植物的生长,进而导致被子植物的起源与演化、热河生物群的繁盛。由于海拔每升高1000 m气温降低4~6℃,所以当时燕山地区地表气候条件较低海拔地区更为寒冷,这是导致小型恐龙类生物为保温而进化出羽毛以及原始鸟类起源的重要外在因素。

中国东部侏罗—白垩纪强烈而广泛的岩浆活动和挤压构造变形是翁文灏(1927, 1928, 1929)厘定燕山运动的地质依据。近年来对燕山地区乃至中国东部晚中生代的基础地质研究更多地关注于对岩浆活动时限、性质及壳幔动力学过程等方面的探讨,取得了许多重要的新认识。但是也存在将岩石地球化学、沉积盆地分析结果与构造变形研究结果相对立的发展趋势。对中国东部侏罗—白垩纪岩浆岩的地质年代学、岩石学和地球化学研究无疑具有重要的科学意义,然而这些研究成果的合理解释需要建立在牢靠的野外地质证据之上,而不能脱离构造地质研究而仅仅依靠岩石地球化学投图去论证岩浆岩形成的大地构造背景乃至地球动力学模式。花岗岩研究者 Clemens(2003)指出“*It is the geology of a region that should tell us the particular setting of the magmatism, not the types of granites we find or the geochemistry of some basalts*”(识别岩浆活动的构造背景应基于区域地质学研究,而不是花岗岩类型或玄武岩的地球化学特征)”。应该指出,岩浆活动所指示的岩石圈地幔减薄与构造地质证据所指示的地壳挤压增厚之间在地球动力学上并不是非此即彼的关系。Houseman 等(2001)的数值模拟结果表明,挤压增厚导致岩石圈地幔对流失稳(convective instability)引发岩石圈地幔的拆沉,出现加厚地壳与减薄岩石圈地幔共存的空间关系;同时,在一定的流变学和动力学条件下,挤压变形带可以出现前缘增厚而后缘减薄的变形格局。

相对于广大的燕山地区,前人和本次研究所显示的挤压构造仅仅是该区域晚中生代复杂构造变形形迹的一小部分。正是由于燕山带存在复杂的构造叠加,而后期的剥蚀作用又导致某些地质记录的缺

失,所以早期地质图件未能全面反映燕山地区复杂构造变形迹有其客观必然性。我们在充分肯定前人工作成果的同时,也要意识到前人及其我们自己先前认识的不足之处。为正确而全面认识燕山地区侏罗—白垩纪的构造特征,深入理解燕山运动的本质,开展详细的构造地质填图和研究是不可或缺的。

3 结论

辽宁省绥中县永安堡地区出露一大型构造窗,下盘由发育透人性强烈韧性变形的张家口组火山岩系组成,上盘由太古宇片麻岩及上覆岩系组成;该地区并不是一个张家口组岩层形成的宽缓向斜,也不是大型古火山机构。因此,燕山地区在早白垩世张家口组火山岩喷发之后仍然存在强烈的区域挤压变形作用。

参考文献

- 北京市地质矿产局. 1991. 北京市区域地质志. 北京:地质出版社, 1~598.
- 陈恺,熊永先. 1935. 北平西山之逆掩断层. 中国地质学会会志, 14(4): 535~568.
- 何镜宇. 1957. 河北省宣化鸡鸣山断层及其时代问题. 北京地质学院学报, (2): 75~82.
- 河北省地质局第二区域地质测量大队. 1974. 1: 20 万山海关幅地质图.
- 河北省地质矿产局. 1988. 河北省北京市天津市区域地质志. 北京:地质出版社, 1~741.
- 姬广义,汪洋. 2004. 北京东部丰台顶一带地质构造特征. 北京地质, 16(1): 1~15.
- 姬广义,汪洋,夏希凡. 2005. 燕山中段南麓蓟县北部常州沟—杨庄一带地质构造基本特征. 北京地质, 17(4): 1~33.
- 李忠,刘少峰,张金芳,等. 2003. 燕山典型盆地充填序列及迁移特征: 对中生代构造转折的响应. 中国科学(D辑), 33(10): 931~940.
- 辽宁省地质矿产局. 1989. 辽宁省区域地质志. 北京:地质出版社, 1~858.
- 刘红涛,翟明国,刘建明,等. 2002. 华北克拉通北缘中生代花岗岩: 从碰撞后到非造山. 岩石学报, 18(4): 433~448.
- 宋鸿林. 1999. 燕山式板内造山带基本特征与动力学探讨. 地学前缘, 6(4): 309~316.
- 汪洋,姬广义,夏希凡. 2005a. 燕山造山带复杂构造变形型式的新证据及其地质意义. 北京地质, 17(2): 1~13.
- 汪洋,姬广义,夏希凡. 2005b. 北京西山大灰厂东狼沟组钾质火山岩形成的构造背景探讨. 北京地质, 17(3): 1~12.
- 王瑜. 1996. 中国东部内蒙古—燕山造山带晚古生代晚期—中生代的造山作用过程. 北京:地质出版社, 1~168.
- 翁文灏. 1928. 热河北票附近地质构造研究. 地质汇报, 11: 1~23.
- 徐刚,赵越,高锐,等. 2006. 燕山褶皱带中生代盆地变形—板内变形过程的记录: 以下板城、承德—上板城、北台盆地为例. 地球学报, 27(1): 1~12.
- 杨庚,柴育成,吴正文. 2001. 燕山造山带东段——辽西地区薄皮逆冲推覆构造. 地质学报, 75(3): 322~332.
- 杨农,陈正乐,许顺山. 1996. 燕山地区平衡地质剖面研究. 地质力学学报, 2(4): 55~60.
- 翟明国,朱日祥,刘建明,等. 2003. 华北东部中生代构造体制转折的关键时限. 中国科学 D 辑, 33(10): 913~920.
- 赵越,张拴宏,徐刚,等. 2004. 燕山板内变形带侏罗纪主要构造事件. 地质通报, 23(9~10): 854~863.
- 张长厚,宋鸿林. 1997. 燕山板内造山带中生代逆冲推覆及其与前陆褶冲带的对比研究. 地球科学—中国地质大学学报, 22(1): 33~36.
- 张宏,柳小明,高山,等. 2005. 辽西凌源地区张家口组的重新厘定及其意义——来自激光 ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄的制约. 地质通报, 24(2): 110~117.
- 张宏,柳小明,袁洪林,等. 2006. 辽西凌源地区义县组下部位位的 U-Pb 测年及意义. 地质评论, 52(1): 63~71.
- 张季生,王海燕. 2005. 燕山地区重、磁场特征分析与构造分区. 地球学报, 26(4): 349~354.
- 张之一,吴新国,李红阳. 1986. 北京昌平—下庄一带推覆构造基本特征. 河北地质学院学报, 6(3): 3~9.
- 郑亚东, G A Davis, 王琮,等. 2000. 燕山带中生代主要构造事件与板块构造背景问题. 地质学报, 74(4): 289~302.
- 中国地质图集编委会. 中国地质图集. 北京:地质出版社, 2002, 1~348.

References

- Beijing Bureau of Geology and Mineral Resources. 1991. Regional geology of Beijing Municipality. Beijing: Geological Publishing House, 1~598 (in Chinese with English abstract).
- Billings M P. 1947. Structural geology. Englewood Cliffs: Prentice-Hall Inc., 1~473.
- Chen A. 1998. Geometric and kinematic evolution of basement-cored structures: Intraplate orogenesis within the Yanshan orogen, northern China. Tectonophysics, 292(1): 17~42.
- Chern M K, Hsiung Y H. 1935. Notes on some thrusts in the Western Hills of Peiping. Bulletin of the Geological Society of China, 14(4): 535~568.
- Clemens J D. 2003. S-type granitic magmas-petrogenetic issues, models and evidence. Earth-Science Reviews, 61: 1~18.
- Compilation Committee of Atlas of China Geological Maps. 2002. The Atlas of China Geological Maps. Beijing: Geological Publishing House, 1~348.
- Davis G A. 1999. Challenging some widely held beliefs about thrust fault geometries-From field studies in the U. S. Cordillera and northern China. Earth Science Frontiers, 6(1): 49~66.
- Davis G A, Wang C, Zheng Y, et al. 1998. The enigmatic Yinshan fold and thrust belt northern China: New view on its intraplate contraction.

- tional styles. *Geology*, 26(1): 43 ~ 46.
- Davis G A, Zheng Y, Wang C, et al. 2001. Mesozoic tectonic evolution of the Yanshan fold and thrust belt, with emphasis on Hebei and Liaoning provinces, northern China. In: Hendrix M S, Davis G A (eds.). *Paleozoic and Mesozoic Tectonic Evolution of Central and Eastern Asia: From Continental Assembly to Intracontinental Deformation*. Boulder, Colorado, Geological Society of America Memoir 194, 171 ~ 197.
- Hatcher R D, Hooper R J. 1992. Evolution of crystalline thrust sheets in the internal parts of mountain chains. In: McClay K R (ed), *Thrust tectonics*. London: Chapman and Hall, 217 ~ 233.
- He Jingyu. 1957. Jimingsi fault and its formation time, Xuanhua, Hebei province. *Journal of Beijing Institute of Geology*, (2): 75 ~ 82 (in Chinese).
- Hebei Bureau of Geology, Second Regional Survey Team. 1974. Geological map of Shanhaiguan Sheet (scale 1/200000).
- Hebei Bureau of Geology and Mineral Resources. 1988. Regional geology of Liaoning Province. Beijing: Geological Publishing House, 1 ~ 741 (in Chinese with English summary).
- Heim A. 1922. *Geologie de Schweiz II(2)*. Die Schweizen Alpen II. Leipzig: Tauchnitz, 477 ~ 1118.
- Houseman G, Molnar P. 2001. Mechanisms of lithospheric rejuvenation associated with continental orogeny. In: Miller J A, Holdsworth R E, Buick I S, Hand M (Eds.), *Continental Reactivation and Reworking*. Geological Society, London, Special Publications 184, 13 ~ 38.
- Ji Guangyi, Wang Yang. 2004. Geology of the area around Fengtaiding Mount in the eastern part of Beijing Municipality. *Beijing Geology*, 16(1): 1 ~ 15 (in Chinese with English abstract).
- Ji Guangyi, Wang Yang, Xia Xifan. 2005. The structural feature of the southern margin of middle segment of Yanshan, a case study in Changzhougou-Yangzhuang area, Jixian County. *Beijing Geology*, 17(4): 1 ~ 33 (in Chinese with English abstract).
- Li Zhong, Liu Shaofeng, Zhang Jinfang, et al. 2003. Fill sequences and migration characteristics of typical basins of Yanshan; A response for Mesozoic tectonic transformation. *Science in China (Series D)*, 33(10): 931 ~ 940 (in Chinese).
- Liaoning Bureau of Geology and Mineral Resources. 1989. Regional geology of Liaoning Province. Beijing: Geological Publishing House, 1 ~ 858 (in Chinese with English summary).
- Liu Hongtao, Zhai Mingguo, Liu Jianming, et al. 2002. The Mesozoic granitoids in the northern marginal region of North China Craton: evolution from post-collisional to anorogenic setting. *Acta Petrologica Sinica*, 18(4): 433 ~ 448 (in Chinese with English abstract).
- Ramsay J G, Lisle R. 2000. The techniques of structural geology, volume 3: Applications of continuum mechanics in structural geology. San Diego: Academic Press, 701 ~ 1061.
- Ranalli G., 1995. *Rheology of the Earth (2nd Edition)*. London: Chapman and Hall, 1 ~ 413.
- Song Honglin. 1999. Characteristic of Yanshan type intraplate orogenic belts and a discussion on its dynamics. *Earth Science Frontiers*, 6(4): 309 ~ 316 (in Chinese with English abstract).
- Thorpe R S, Brown G C. 1985. The field description of igneous rocks. Keynes: Open University Press, 1 ~ 190.
- Wang Yang, Ji Guangyi, Xia Xifan. 2005a. New evidence on the complex structural pattern of Yanshan orogenic belt and its implication. *Beijing Geology*, 17(2): 1 ~ 13 (in Chinese with English abstract).
- Wang Yang, Ji Guangyi, Xia Xifan. 2005b. Early Cretaceous Donglanggou potassic volcanics from Dahuichang, Western Hills, Beijing: Tectonic setting and geological significance. *Beijing Geology*, 17(3): 1 ~ 12 (in Chinese with English abstract).
- Wang Yu. 1996. Tectonic evolutionary processes of Inner Mongolia - Yanshan orogenic belt in eastern China during the late Paleozoic- Mesozoic. Beijing: Geological Publishing House, 1 ~ 168 (in Chinese with English abstract).
- Wong Wenhao. 1927. Crustal movement and igneous activities in eastern China since Mesozoic time. *Bulletin of Geological Society of China*, 6(1): 9 ~ 36.
- Wong Wenhao. 1928. Geological structure of Peipiao, Jehol. *Bulletin of Geological Survey of China*, 11: 1 ~ 23 (in Chinese and French).
- Wong Wenhao. 1929. The Mesozoic orogenic movement in eastern China. *Bulletin of Geological Society of China*, 8: 33 ~ 44.
- Xu Gang, Zhao Yue, Gao Rui, et al. 2006. Mesozoic basin deformation of Yanshan folded fault belt—Records of the intraplate deformation process: A case study of Xiabancheng, Chengde-Shangbancheng and Beitai basins. *Acta Geoscientica Sinica*, 27(1): 1 ~ 12 (in Chinese with English abstract).
- Yang Geng, Chai Yucheng, Wu Zhengwu. 2001. Thin-skinned thrust nappe structures in western Liaoning in the eastern sector of the Yanshan orogenic belt. *Acta Geologica Sinica*, 75(3): 322 ~ 332 (in Chinese with English abstract).
- Yang Nong, Chen Zhengle, Xu Shunshan. 1996. A study on the balanced section of Yanshan area. *Journal of Geomechanics*, 2(4): 55 ~ 60 (in Chinese with English abstract).
- Zhai Mingguo, Zhu Rixiang, Liu Jianming, et al. 2003. The key time for Mesozoic tectonic regime transformation in the eastern part of North China. *Science in China (Series D)*, 33(10): 913 ~ 920 (in Chinese).
- Zhao Yue, Zhang Shuanhong, Xu Gang, et al. 2004. The Jurassic major tectonic events of the Yanshanian intraplate deformation belt. *Geological Bulletin of China*, 23(9 ~ 10): 854 ~ 863 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Changhou, Song Honglin. 1997. Mesozoic thrust tectonics in Yanshan intraplate orogen and the differences between them and those of foreland fold-and-thrust belt. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 22(1): 33 ~ 36 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Hong, Liu Xiaoming, Gao Shan, et al. 2005. Redefinition of the Zhangjiakou Formation in Lingyuan, western Liaoning and its significance-constraints from laser ICP-MS zircon U-Pb ages. *Geological*

- Bulletin of China, 24(2): 110 ~ 117 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Hong, Liu Xiaoming, Yuan Honglin, et al. 2006. U-Pb Isotopic Age of the Lower Yixian Formation in Lingyuan of Western Liaoning and Its Significance. *Geological Review*, 52(1): 63 ~ 71 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Jisheng, Wang Haiyan. 2005. Gravity and magnetic characteristics and tectonic divisions of the Yanshan area. *Acta Geoscientica Sinica*, 26(4): 349 ~ 354 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Zhiyi, Wu Xinguo, Li Hongyang. 1986. Basic characteristics of thrust tectonics in Changping-Xiaozhuang area, Beijing. *Journal of Hebei Institute of Geology*, 6(3): 3 ~ 9 (in Chinese with English abstract).
- Zheng Yadong, Davis G A, Wang Cong, et al. 2000. Major Mesozoic tectonic events in the Yanshan belt and the plate tectonic setting. *Acta Geologica Sinica*, 74(4): 289 ~ 302 (in Chinese with English abstract).
- within the Yong'anpu tectonic window (south of Jiuguan Village, Suizhong County, Liaoning Province, view in 90° direction)
- (4) 永安堡构造窗内部早白垩世张家口组流纹岩层紧闭褶皱(辽宁省绥中县大风口水库大坝西,镜头方向130°。注意照片中产状近垂直的透入性劈理垂直交切火山岩成分层紧闭褶皱) Recumbent fold of rhyolite of Early Cretaceous Zhangjiakou Formation within the Yong'anpu tectonic window (at the west end of the Dam of Dafengkou Reservoir, Suizhong County, Liaoning Province, view in 130° direction. The subvertical penetrative foliations intersect the recumbent fold at a high angle)

图版 II

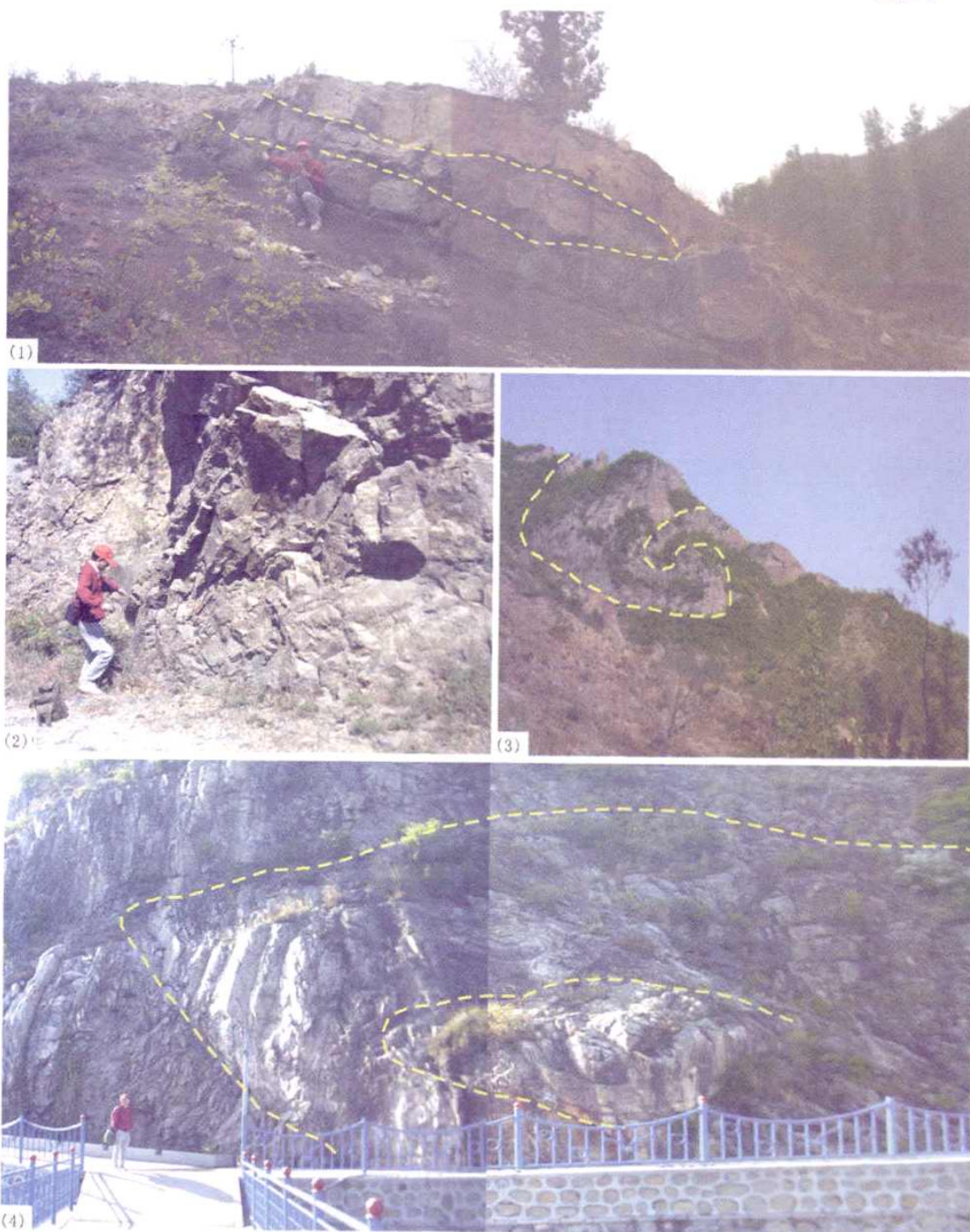
- (1) 永安堡构造窗内部火山岩层褶皱(辽宁省绥中县永安堡西,镜头方向0°)
Fold of the volcanic rocks of Early Cretaceous Zhangjiakou Formation within the Yong'anpu tectonic window (west of Yong'anpu Village, Suizhong County, Liaoning Province, view in 0° direction)
- (2) 永安堡构造窗内部碎屑沉积岩层的紧闭褶皱(辽宁省绥中县坡山洞北,镜头方向约310°。该褶皱又被后期脉岩切穿)
Fold of the clastic sedimentary layer of Early Cretaceous Zhangjiakou Formation within the Yong'anpu tectonic window (north of Poshandong Village, Suizhong County, Liaoning Province, view in 310° direction. A dyke intersects the fold)
- (3) 永安堡构造窗外早白垩世张家口组底砾岩(辽宁省绥中县秋皮北)
Basal conglomerate of Early Cretaceous Zhangjiakou Formation outside the Yong'anpu tectonic window (north of Qiupi Village, Suizhong County, Liaoning Province)
- (4) 永安堡构造窗边界断层特征(辽宁省绥中县大谷山,镜头方向260°。陡立的断层面外倾,断层面与早白垩世张家口组火山岩褶皱轴面大角度交切)
Boundary fault of the Yong'anpu tectonic window (Dagushan, Suizhong County, Liaoning Province, view in 260° direction. The steep fault dips outward, and intersects the axial planes of folds of Zhangjiakou Formation at a high angle)

图版说明

图版 I

- (1) 永安堡构造窗内部早白垩世张家口组碎屑沉积岩层平卧褶皱(河北省青龙县马杖子村北,镜头方向20°)
Recumbent fold of clastic sedimentary layers of Early Cretaceous Zhangjiakou Formation within the Yong'anpu tectonic window (north of Mazhangzi Village, Qinglong County, Hebei Province, view in 20° direction)
- (2) 永安堡构造窗内部早白垩世张家口组粗面岩中劈理褶皱(辽宁省绥中县加碑岩岭头村南,镜头方向80°)
Fold of cleavage developed within the trachyte of Early Cretaceous Zhangjiakou Formation within the Yong'anpu tectonic window (south of Jiabeiyan - Lingtou Village, Suizhong County, Liaoning Province, view in 80° direction)
- (3) 永安堡构造窗内部早白垩世张家口组流纹岩重褶皱(辽宁省绥中县旧关村南,镜头方向90°)
Refolded fold of rhyolite of Early Cretaceous Zhangjiakou Formation

图版 I



图版 II

