

太行山中段羊角玄武岩形态特征及其地质意义

龚明权¹⁾, 马寅生^{1,2)}, 赵希涛³⁾, 施 炜^{1,2)}, 杜建军^{1,2)}

1) 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081; 2) 国土资源部新构造运动与地质灾害重点实验室, 北京 100081;
3) 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029

摘 要: 太行山中段左权羊角镇发育新生代玄武岩, 记录了太行山新生代以来的构造隆升事件。在详细的野外调查和研究的基础上, 通过与玄武岩发育相关的地貌面及其上的地层特征分析, 初步确定该玄武岩是上新世末期到早更新世初期的喷发产物, 初步揭示了太行山中段区域上晚上新世以来地貌发育历史, 主要存在 6 次构造隆升与剥蚀期: 在唐县期宽谷面形成的基础上, 于上新世晚期存在一次隆升和一次稳定侵蚀期, 并侵蚀形成“U”形谷; 早更新世初, 玄武岩开始间歇性喷发, 同时发生以西武家坪为中心的地区上拱, “U”形谷为玄武岩充填, 之后经剥蚀堆积形成第四级阶地面; 早更新世末, 该区再次发生隆升, 并形成第四级阶地; 中更新世末, 该区发生隆升, 形成第三级阶地; 晚更新世以来, 太行山中段又连续发生两次抬升, 从而在玄武岩体上形成了 4 级阶地, 形成太行山现今地貌。研究同时表明, 太行山中段上新世晚期以来的隆升主要发生于上新世末到早更新世时期。这一认识为探讨太行山中段晚上新世以来的构造隆升提供了具体证据。

关键词: 太行山; 玄武岩; 地貌面; 阶地; “U”形谷; 隆升; 侵蚀

中图分类号: P546; P512.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-3021(2010)01-056-09

Morphologic Characteristics of Yangjiao Basalt in the Middle Taihang Mountains and Their Geological Significance

GONG Ming-quan¹⁾, MA Yin-sheng^{1,2)}, ZHAO Xi-tao³⁾, SHI Wei^{1,2)}, DU Jian-jun^{1,2)}

1) *Institute of Geomechanics, CAGS, Beijing 100081;*

2) *Key Laboratory of Neotectonic Movement and Geohazard, Ministry of Land and Resources, Beijing 100081;*

3) *Institute of geology and Geophysics, CAS, Beijing 100029*

Abstract: The uplift events have been recorded by the basalt around Yangjiao Town of Zuoquan County in middle Taihang Mountains since the end of Pliocene. Based on field investigation, the authors studied the morphologic characteristics of the basalt and the related topographic surface, and detected that the basalt was formed between the end of Pliocene and the beginning of Early Pleistocene. The geomorphic evolution of the middle Taihang Mountains since Late Pliocene is as follows: in Late Pliocene, this area underwent two phases of geomorphic evolution, i.e., uplift and erosion, and this led to the formation of the “U” valley; at the end of Pliocene, because of the repeated and intermittent eruption of the basalt and the uplift of the geomorphic surface of the middle Taihang Mountains centered at Wujiaping Village, the basalt filled the “U” valley, and then the geomorphic surface of the fourth terrace was formed through erosion and accumulation; in Early Pleistocene, the geomorphic surface of the middle Taihang Mountains was uplifted so that the fourth step terrace was formed. At the end of Middle Pleistocene, the third terrace was formed; Since Late Pleistocene, two times of uplifting of the geomorphic surface took place, and hence all of the four steps of terraces came into being on the basalt. It is shown that the uplift of the middle Taihang Mountains occurred mainly between the end of Pliocene and Early Pleistocene. This cognition offers material evidence for the uplift of the middle Taihang Mountains since Late Pliocene.

Key words: Taihang Mountains; basalt; topographic surface; terrace; “U” valley uplift; erosion

本文由中国地质调查局项目(编号: 1212010511508)资助。

收稿日期: 2009-03-09; 改回日期: 2009-10-14。

第一作者简介: 龚明权, 男, 1965 年生。工程师, 博士研究生。从事新构造研究工作。通讯地址: 100081, 北京市海淀区民族大学南路 11 号。电话: 010-68422356。E-mail: gongmingquan65@126.com。

新构造隆升过程研究, 目前取得很大进展, 其方法多样, 成果颇丰, 主要方法和成果主要集中于青藏高原这一热点地区(潘保田等, 1998; 吴珍汉, 2002; 陈正乐等, 2001)。而通过地貌面研究隆升则是较普遍和成熟的手段。

地貌面是地貌发育、演化阶段终结的面, 包括山地夷平面、河流阶地面和盆地堆积面等(吴忱, 2008a)。多个地貌演化阶段形成多个地貌面, 自海岸至山顶呈层状分布, 因此又称作“层状地貌”(吴忱, 2008b)。地貌面是研究地壳运动的重要依据之一(北京地质学院区域地质教研室地貌教研组, 1961), 它的多层性也反映了新构造运动的阶段性(黄玉昆等,

1995), 其变形则反映了构造变形的差异性。本文通过对太行山中段的山西省左权县羊角镇周围的新生代玄武岩形态及与其相关的地貌面经过详细野外调查, 发现对探讨晚上新世以来太行山中段的地貌发育史很有意义。

羊角镇玄武岩区域大地构造位置处于Ⅲ级大地构造单元太行拱断束上, 东面紧邻武安盆地, 西临太行山西缘断裂带(在山西部分又称为晋获断裂带)中的松烟-柏官庄断裂(图 1, 2)(河北省地质矿产局, 1989; 山西省地质矿产局, 1989)。该玄武岩跨越晋冀边界, 形态为一片不规则的北西-南东向长条状, 长约 12 km, 中间最宽处约 2.5 km, 大多地段宽约

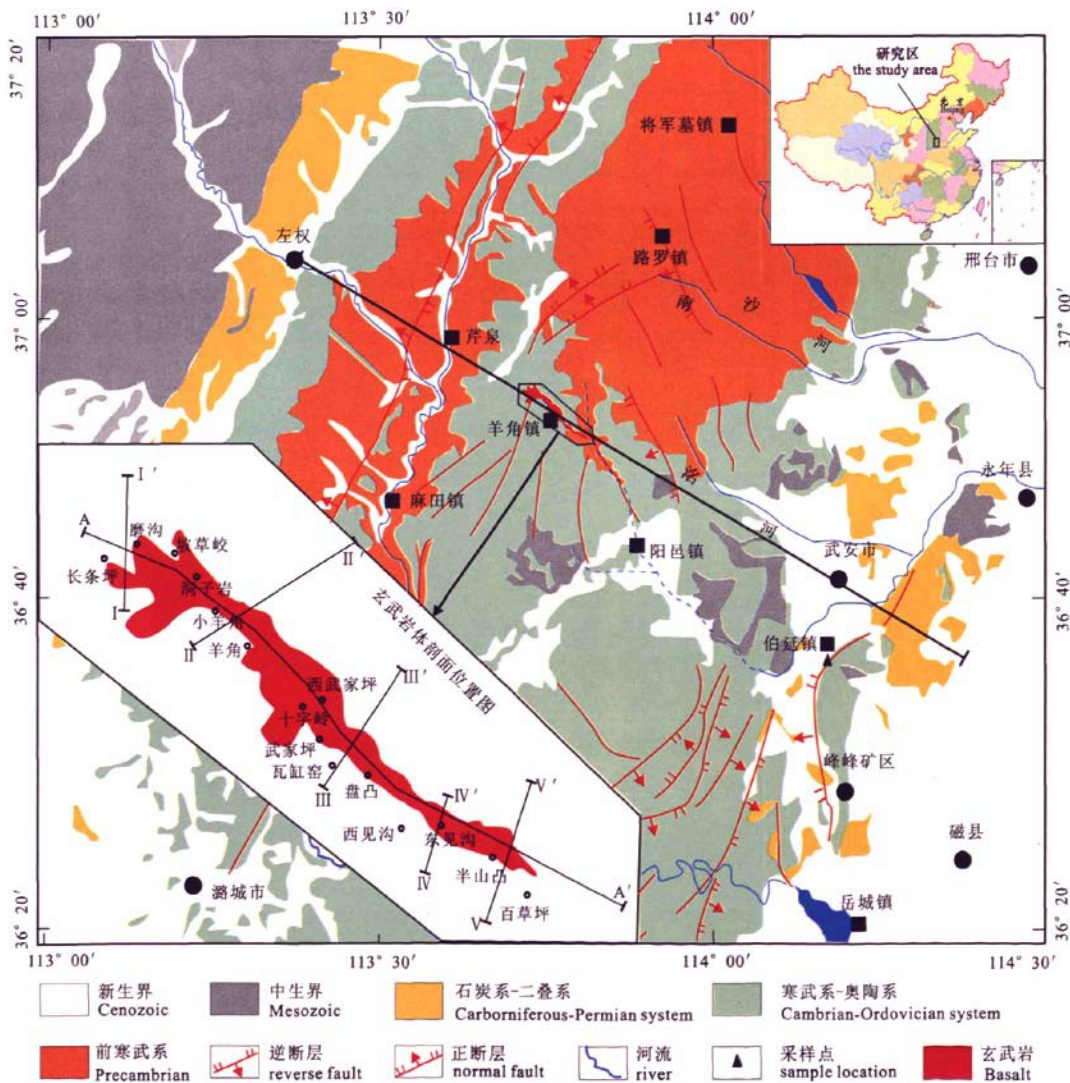


图 1 太行山中段区域地质图及羊角玄武岩体剖面位置图
Fig. 1 Geological map of the middle Taihang Mountain and sections location of Yangjiao basalt

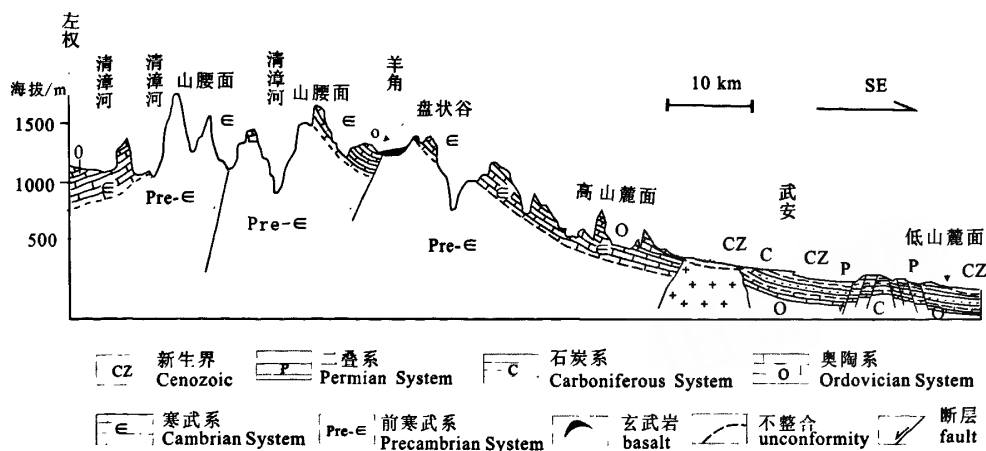


图2 太行山中段区域横剖面图

Fig. 2 Regional cross section of the middle Taihang Mountain

0.5 km, 东南段细条状, 北西端呈手指状(图 1)。周围出露地层为长城系、寒武系、奥陶系以及新生代地层(图 1)。对于该玄武岩的情况, 除了从 1: 20 万地质图(左权幅)上可见外, 一般的文献中仅简单提及(肖桂珍等, 2007), 对其具体研究资料到目前没有看到, 其中 1: 20 万地质图(左权幅)将其定为喜马拉雅运动第 3 期的产物。

1 羊角玄武岩发育形态特征

玄武岩形态: 按照羊角玄武岩北西-南东的长轴方向, 长轴方向上作了一个纵剖面(图 3), 从北西向南东作了五个横剖面图(图 4-图 8), 剖面位置见图 1。

在玄武岩体西北段, 玄武岩体上发育四级阶地和“V”形谷, 这在两个横剖面(长条坪村横剖面 I-I' 和小羊角村横剖面 II-II')上均能看出。其中以小羊角村横剖面 II-II'(图 5)为例: 四级阶地均为基座阶地, 第四级阶地地面有自下而上的砾石层、离石黄土、马兰黄土和耕作层(腐植层), 砾石成分以灰岩为主, 砂岩次之; 第三级阶地地面有自下而上的砾石

层、离石黄土、马兰黄土和耕作层, 砾石成分以灰岩、砂岩为主, 玄武岩次之; 第二级阶地地面有自下而上的砾石层、马兰黄土和耕作层, 砾石成分以灰岩、砂岩、玄武岩为主; 第一级阶地地面有自下而上的砾石层和耕作层, 砾石成分以灰岩、玄武岩为主。由于砾石层和耕作层很薄, 图中没能画出。

从玄武岩横剖面形态看, 底面多呈“U”形; 东南端底面呈倒“m”形; 西北端底面呈两个连续的倒“m”形。玄武岩体厚度从北西向东南变厚, 且底面倾向东南。另外, 从玄武岩内部结构构造看, 出现玄武岩砾石层与集块状层互层现象, 说明玄武岩曾经喷发多次, 从出露的玄武岩可见到至少四次喷发(图版 I: 1、2、3)。玄武岩一般充填在“U”形谷之中, 而“U”形谷明显的是发育在盘状谷之上的。在产生玄武岩之后, 当地继续遭受切割, 有的地方则切割在一侧, 形成一个“V”形谷(图 4); 有的地方主要切割在玄武岩正中间, 形成一个“V”形谷(图 5、图 6); 有的地方则切割在中间和一侧, 形成两个“V”形谷(东见沟剖面图 7); 有的地方则切割在两侧和中间, 形成“V”形谷(图 8)。

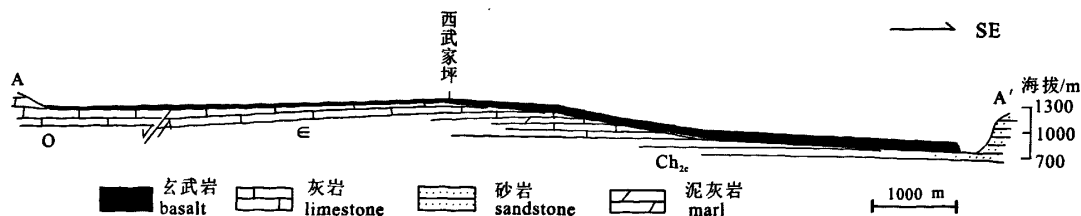


图3 羊角玄武岩体纵剖面图 A-A'

Fig. 3 Longitudinal section of the basalt around Yangjiao Town (A-A')

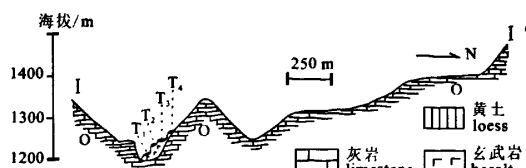


图 4 长条坪村玄武岩体横剖面 I-I'
Fig. 4 Cross section of basalt near Changtiaoping Village (I-I')

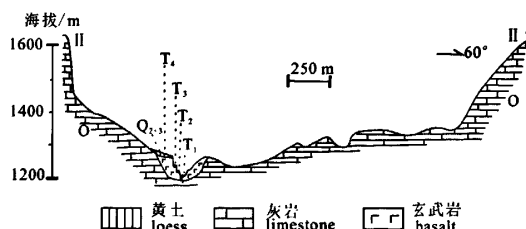


图 5 小羊角村玄武岩体横剖面 II-II'
Fig. 5 Cross section of basalt near Xiaoyangjiao Village (II-II')

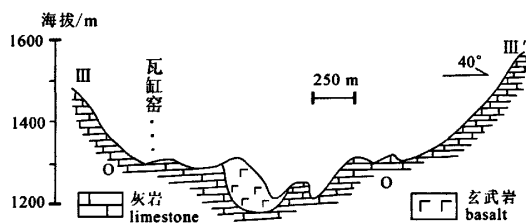


图 6 瓦缸窑村玄武岩体横剖面 III-III'
Fig. 6 Cross section of basalt near Wangangyao Village (III-III')

与围岩接触关系: 玄武岩底面由西北往东南, 西北部分除少部分地点底部与较薄的新统含砾红粘土层接触外(图版 I: 4), 主要覆盖在奥陶系灰岩上面的风化壳之上(图版 I: 5), 中间部分覆盖在寒武系泥灰岩、砂岩、泥岩地层之上, 东南部分则直接覆盖在长城系串岭沟组(Ch_{2c})红色砂岩层之上。玄武岩顶面在西北段或被薄层砾石层、或被离石黄土、马兰黄土直接覆盖(图版 I: 6)或裸露。中段及南段直接裸露于地表。

2 羊角玄武岩形成时代

对比华北山地地貌发育模式图(图 9), 太行山中段羊角镇的盘形谷属于唐县期夷平面, 它是上新世晚期形成的地貌面(约 3.0 Ma)(吴忱等, 1999a)。另据研究(马寅生等, 2007)太行山南段唐县期夷平面堆积物时代为 1643.48-2583.57 kaB.P, 即上新世晚期至

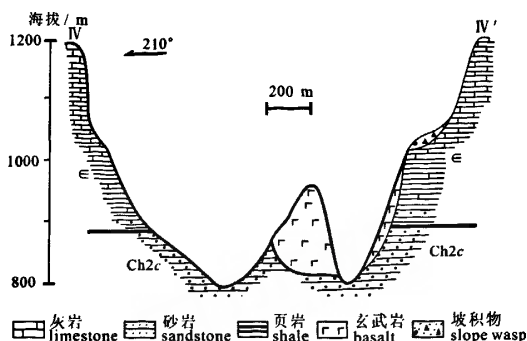


图 7 东见沟村附近玄武岩体横剖面 IV-IV'
Fig. 7 Cross section of basalt near Dongjiangou Village (IV-IV')

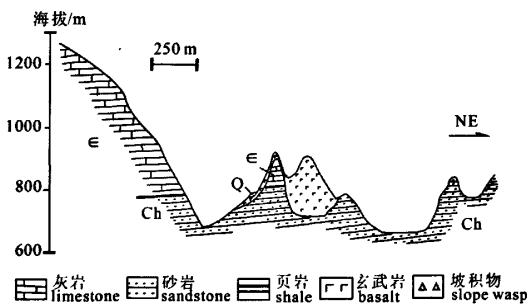


图 8 半山凸村附近玄武岩体横剖面 V-V'
Fig. 8 Cross section of basalt near Banshantu Village (V-V')

早更新世早期, 唐县期夷平面形成于 2583.57 kaB.P 之前。在羊角镇周围地区, 盘形谷上又发育了“U”谷, 玄武岩就充填在这一“U”谷内, 而“U”谷的形成一般需要经过较长一段时间的稳定期才能形成。玄武岩底面接触的最近地层可能是上新世含砾红粘土层(图版 I: 4)。而在玄武岩上, 发育的最老地层离石黄土, 而离石黄土又是在以玄武岩为基座的第三级阶地就已发育(图 4), 第三级阶地应是中更新世形成的; 另外还发育第四级阶地, 它应形成于离石黄土形成之前的早更新世末, 由此推断“U”谷形成时代应该在上新世晚期(约 3.0-2.4 Ma), 它与华北山地地貌发育模式图(图 9)中的第五级阶地(T₅)大约同时代形成; 而羊角玄武岩形成时代应该在上新世末期到早更新世初期较为合理, 即玄武岩喷发是喜马拉雅运动第 III 幕末的产物。

将本文研究区羊角镇玄武岩所充填的“U”形谷与华北山地地貌发育模式图中的“U”形谷(图 9)进行对比, 显然它们形成时代是不同期的, 前者形成于上新世晚期, 后者形成于中更新世。

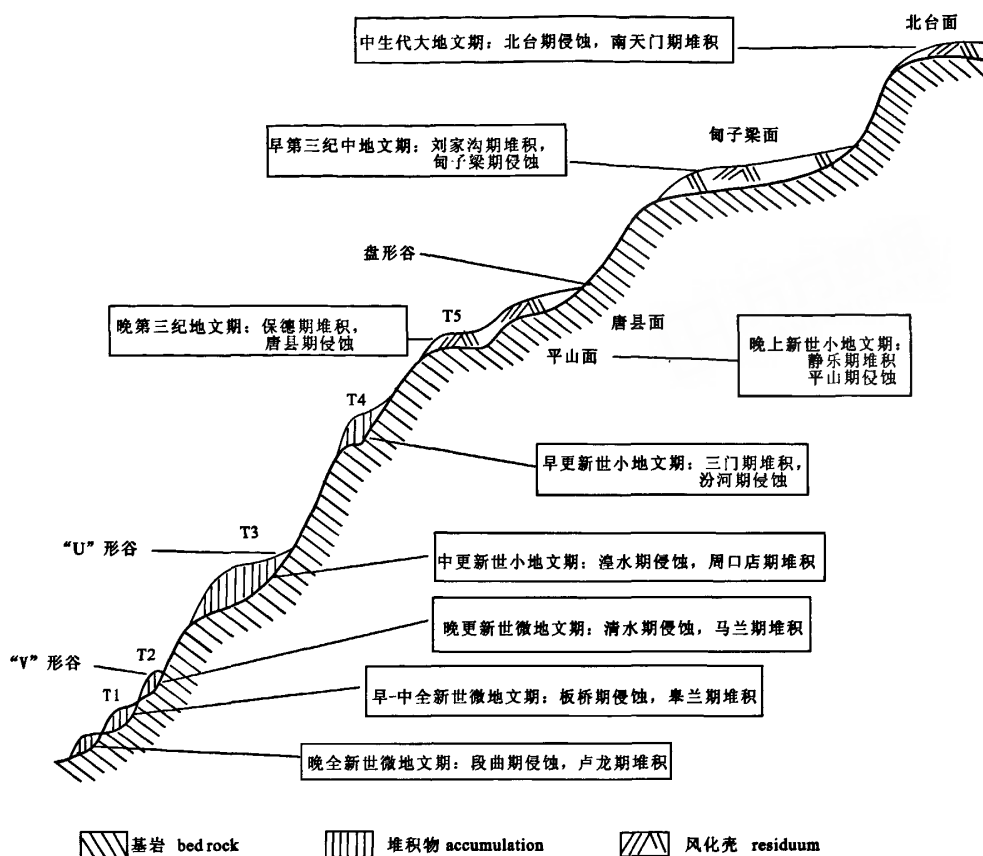


图9 华北山地地貌发育模式图(据吴忱, 1999a)

Fig. 9 Geomorphic evolution pattern of mountain areas in North China (after Wu Chen, 1999a)

3 与羊角玄武岩相关的地貌特征分析

根据羊角玄武岩横剖面形态可以判断, 羊角玄武岩充填的是“U”形谷, 当时是玄武岩所在的谷处于“U”形谷阶段。该“U”形谷之上又紧连着盘形谷, 说明玄武岩充填之前羊角及周边已经经历了长时间稳定的侵蚀形成盘形谷即唐县面后, 在盘形谷的基础上又形成一个“U”形谷的。其根据一是研究区及周边地层产状以及玄武岩底面所接触的地层, 二是由玄武岩底面形态判断, 在玄武岩西北端的水磨沟和坡草蛟一带, “U”形谷分为四叉; 在玄武岩中段坡草蛟到东南端“U”形谷没有分叉(因为前面提到的玄武岩体在东南端底面呈倒“m”形是由于当时玄武岩在填满在柏草坪村北边 1 km 处的“U”形谷后, 玄武岩又向南溢出漫过其南侧谷肩充填了相邻的另一个位于柏草坪村北侧的沟谷, 但没有填满此谷, 估计仅填充到了图 7 中冲积物底端现今海拔约 770 m 的高度, 现在在“U”形谷东南端玄武岩经过侵蚀风化剥蚀后遗留下的厚度仍然有近 200 m)(图 8), 可以看出,

当时的“U”形谷底是西北高而东南低, 倾向是向东南的。但是倾斜的角度到底有多大, 可以肯定比现在的倾斜度要小, 因为当时既然能够形成“U”形谷, 当时北西、南东两端谷底落差就不会很大。

现在位于羊角玄武岩北边的南沙河“U”形谷: 该“U”形谷谷底高度由北西往南东大约 30 km 长的区域内落差不足 400 m, 纵剖面高程线平缓协调。如按照现在南沙河“U”形谷的坡度(图 10 中红点线)作为羊角玄武岩所在的“U”形谷形成时的坡度来计算的话, 西武家坪处的“U”形谷谷底高程应该比羊角镇玄武岩体东缘所充填的“U”形谷谷底高程最多高出 50 m, 然而现在西武家坪处的“U”形谷谷底高程应该比羊角镇玄武岩体东缘所充填的“U”形谷谷底高程高出约 550 m(如图 10 中双箭头线所示), 说明羊角玄武岩其下的“U”形谷从玄武岩充填开始到现在发生了较大的差异性升降, 而上升幅度最大处或者说上升的中心就在玄武岩中段西武家坪周围, 西北段次之, 东南段上升幅度最小。

按照羊角玄武岩所充填的“U”形谷的方向看,

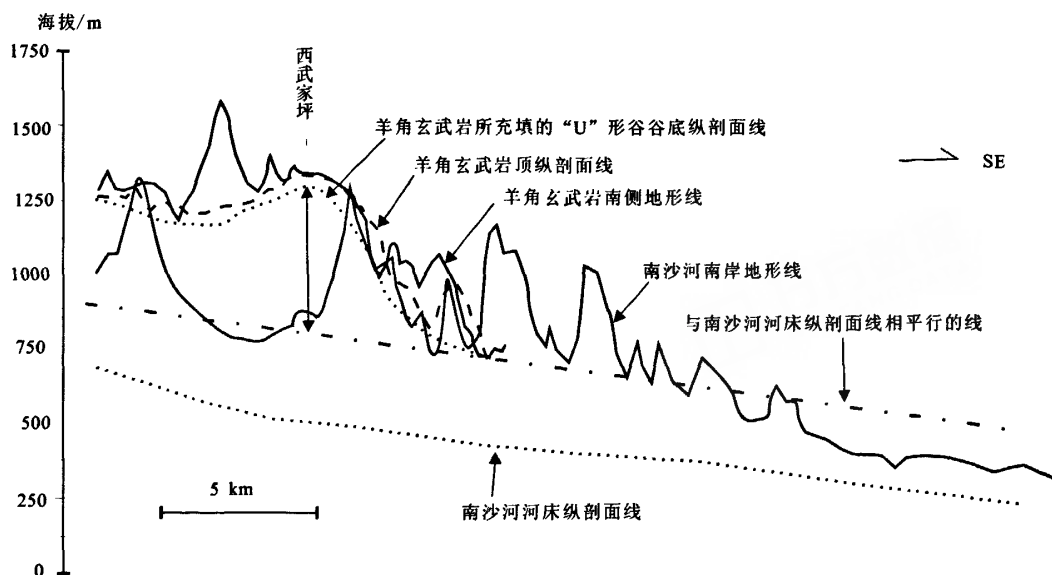


图 10 南沙河河床高程与羊角玄武岩所在“U”形谷底高程比较

Fig. 10 Comparison between the river bed altitude of the Nanshan River and the bottom altitude of the “U”-shaped valley where Yangjiao basalt occurs.

方向是向东南的,其延伸线可达武安县。武安盆地自上新世形成以来就是一个沉降中心,武安现在海拔高度为 220 m(其第四系厚约 100 m)。如果我们把武安当作羊角玄武岩所充填“U”形谷的末端的话,以现在南沙河“U”形谷谷底坡度(图 10 中红色点线)推算,在当时羊角镇玄武岩所充填的“U”形谷形成时,位于玄武岩最高处的西武家坪村与武安两处“U”形谷底的高度差不足 500 m,而现在的高度差大约是 1100 m,就是说西武家坪与武安在该“U”形谷形成后差异上升约 600 m,同时也由此能够推测西武家坪当时海拔也就在 600 m 左右,那么即使考虑武安的下降因素,一样能够肯定玄武岩所在地区当时无论如何都不会上升到山地(海拔>1000 m)。

4 羊角玄武岩构造指示意义

据前述,羊角镇玄武岩所充填的“U”形谷形成时西武家坪处的“U”形谷谷底高度与玄武岩东南谷底高度相差最大是 50 m,而现在高度差约 550 m,就是说西武家坪处的“U”形谷谷底高度差在玄武岩产生后到现在至少增加了 500 m(如图 10 中的粗双箭头虚线所示),可以看出玄武岩体产生后所在区域地面是有过拱升的,并且拱升中心位置应该在西武家坪,拱升造成玄武岩其下“U”形谷谷底在东南端与西武家坪处的落差增大约 500 m,拱升之后覆盖了离石黄土和木兰黄土,另外还发生了断断续续的地面抬升和下切。断断续续的地面抬升和下切在小

羊角形成四级阶地(图 4、5),其中羊角及周边小区域范围抬升幅度则可由小羊角的四级阶地推断出,抬升次数 4 次,抬升幅度分别是 16 m、11 m、3 m 和 2 m,总抬升幅度大约 32 m。那么,拱升幅度与阶地幅度差距如此之大,说明拱升与阶地形成不可能同期,这样就有一个问题,拱升与阶地究竟发生哪个发生在前?如果拱升发生在阶地形成之后,那么从区域地质看,羊角周边地区近期或者说全新世以来没有发生过如此大幅度的地壳升降运动,何况冷却了的刚性的玄武岩体在拱升中应该会发生断裂,但事实上玄武岩体并没有断裂发生;而且从小羊角村各阶地面高差看,阶地形成过程中发生的拱升(如果此期间也发生拱升的话),影响的拱升幅度也是很小的;另外,从现在地貌看,西武家坪地势较高,由西武家坪向北西到羊角镇,再到小羊角的地势是降低的,冲沟也是由西北的小羊角向东南的西武家坪上溯的,而长条坪处的冲沟则是由东南向北西上溯的,二者交合于长条坪与小羊角村之间转而向南并且很快再转而向西汇入清漳河东源。所以应该说主要的拱升发生在阶地形成之前,就是说它应该是发生在玄武岩上涌喷发时到其上的阶地形成之前。玄武岩充填后,西武家坪村由处于较玄武岩西北端的长条坪、坡草较为低的位置,上升为玄武岩所在区的最高位置,武家坪至北东方向的石盆一带成为清漳河与洺河的分水岭。由此也印证了吴忱(吴忱等, 1996, 1999a, 1999b)说的太行山中段第三纪还没有形成

分水岭,太行山形成于第四纪的说法。于是侵蚀切割或是由东南往西北向西武家坪村或是由西北往东南向西武家坪村进行,这样在小羊角村和长条坪村附近形成四级阶地,东南部则由于落差较大,切割强烈而没能留下阶地。而且在下切方面,从玄武岩喷发后到现在,在东南端不仅向下切穿了玄武岩,而且又将其下的震旦系砂岩层下切了厚约 10 m,因此按目前玄武岩体东南端计算下切幅度,至少约 240 m(930-710 m, 930 m 是目前玄武岩体东南端顶最高海拔高度,710 m 是柏草坪北 1 km 处的“U”形谷即剖面图 8 东侧的沟底海拔高度(图 3),该北北西向的沟斜向切穿了“U”形谷中的玄武岩,才使得玄武岩东南端顶底完全暴露出)。

根据吴忱先生研究(吴忱等, 1999b),太行山主要隆起于第四纪,太行山中段第四纪以来上升幅度 1080-1380 m, 占总上升幅度的 60%-70%。根据本人此次野外调查,发现在羊角镇玄武岩区,玄武岩喷发后到现在单就从西武家坪到百草坪短短约 10 km 距离上高度差异变化至少在 500 m 以上,而且这个高度主要发生于阶地形成之前,发生于阶地形成之后的隆升仅为 32 m,那么由此推算,玄武岩喷发后至阶地形成之前的早更新世初期这段时间里,羊角玄武岩所在的太行山中段实际隆升幅度可能远远不止于此,换句话说,从发生于上新世末期以来至早更新世期间这里阶地形成之前,本地区的隆升幅度占其第四纪以来隆升总量的主要部分。是否可以说,太行山中段主要隆起于第四纪,而在第四纪又主要隆起于早更新世前期。

5 初步结论

根据羊角玄武岩形态特征及其相关地层、地貌面分析,可以得出如下结论:

(1) 羊角玄武岩形态及与其相关的地貌面,对于揭示太行山中段新生代地貌发育史很有意义,区域上有一定的代表性。唐县面形成后太行山中段有 6 次隆升与剥蚀。

(2) 羊角镇玄武岩充填的“U”形谷形成于上新世晚期,玄武岩形成于上新世末期到第四纪初,玄武岩喷发至少在四次以上,为间歇性喷发,同时发生了以西武家坪为中心的地上拱,差异上升至至少在 500 m 以上,造成西武家坪成为清漳河与洺河的分水岭,太行山也上升成为山地。

(3) 玄武岩喷发后该地区地面又间歇性地上升了 4 次,从而在玄武岩体上形成了 4 级阶地。

(4) 太行山中段上新世晚期以来隆升主要发生

于早更新世早期。

参考文献:

- 北京地质学院区域地质教研室地貌教研组. 1961. 关于地形发展的主要学说. 地貌及第四纪地质学[M]. 北京: 中国工业出版社, 30-32.
- 陈正乐, 张岳桥, 王小凤, 陈宜华. 2001. 新生代阿尔金山脉隆升历史的裂变径迹证据[J]. 地球学报, 22(5): 413-418.
- 河北省地质矿产局. 1989. 中华人民共和国地质矿产部地质专报 (一)区域地质志(15): 河北 北京 天津区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 566-616.
- 黄玉昆, 邹和平, 张珂. 1995. 新构造学[M]. 广州: 广州地图出版社, 26-42.
- 马寅生, 赵逊, 赵希涛, 吴中海, 高林志, 张岳桥, 赵汀, 吴珍汉, 杨杨守政. 2007. 太行山南缘新生代的隆升与断陷过程[J]. 地球学报, 28(3): 219-233.
- 潘保田, 方小敏, 李吉均, 施雅风, 崔之久. 1998. 晚新生代青藏高原隆升与环境演化//施雅风, 李吉均, 李炳元主编: 青藏高原晚新生代隆升与环境演化[M]. 广州: 广州科技出版社: 373-407.
- 山西省地质矿产局. 1989. 中华人民共和国地质矿产部地质专报 (一)区域地质志(18): 山西省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 585-592.
- 吴忱. 2008a. 地貌面、地文期与地貌演化——从华北地貌演化研究看地貌学的一些基本理论[J]. 地理与地理信息科学, 24(3): 66-87.
- 吴忱, 马永红, 张秀清, 吴金祥, 赵明轩. 1999a. 华北山地地形面、地文期与地貌发育史[M]. 石家庄: 河北科学技术出版社, 183-201.
- 吴忱, 张秀清, 马永红. 1996. 华北山地地貌面与新生代构造运动[J]. 华北地震科学, 14(4): 40-50.
- 吴忱, 张秀清, 马永红. 1999b. 太行山燕山主要隆起于第四纪[J]. 华北地震科学, 17(3): 1-7.
- 吴忱. 2008b. 华北地貌环境及其形成演化[M]. 北京: 科学出版社, 380-455.
- 吴珍汉, 胡道功, 刘崎胜, 夏浩东, 鄢犀利. 2002. 西藏当雄地区构造地貌及形成演化过程[J]. 地球学报, 23(5): 423-428.
- 肖桂珍, 魏风华, 赵逊, 吴珍汉, 刘德才, 谭志敏, 都建国, 吴中海, 赵汀, 马寅生, 高林志, 赵希涛, 杜子章. 2007. 河北省地质旅游资源形成背景和开发保护研究 [M]. 北京: 地质出版社, 104.

References:

- CHEN Zheng-le, ZHANG Yue-qiao, WANG Xiao-feng, CHEN Xuan-hua. 2001. Fission track dating of apatite constrains on the Cenozoic uplift of the Altyn Tagh Mountain[J]. Acta Geoscientica Sinica, 22(5): 413-418 (in Chinese).
- Hebei Bureau of Geology and Mineral Resource. 1989. Geological Report of the geological ministry of Chinese Rep (one), Record of area geology(15) [M]: Beijing: Geological Publishing House, 566-616 (in Chinese).

- HUANG Yu-kun, ZOU He-ping, ZHANG Ke. 1995. Neotectonics[M]. Guangzhou: Guangzhou Cartographic Publishing House, 26-42.
- MA Yin-sheng, ZHAO Xun, ZHAO Xi-tao, WU Zhong-hai, GAO Lin-zhi, ZHANG Yue-qiao, ZHAO Ting, WU Zhen-han, YANG Shou-zheng. 2007. The Cenozoic rifting and uplifting process on the southern margin of Taihangshan uplift[J]. Acta Geoscientica Sinica, 28(3): 219-233 (in Chinese).
- PAN Bao-tian, FANG Xiao-ming, LI Ji-jun, SHI Ya-feng, CUI Zhi-jiu. 1998. Uplift and environmental changes of Qinghai-Xizang(Tibetan) Plateau during the late Cenozoic period//Chief Editors:SHI Ya-feng, LI Ji-jun, LI Bing-yuan: Uplift and environmental changes of Qinghai-Xizang(Tibetan) Plateau during the late Cenozoic[M]. Guangzhou: Guangdong Science & Technology Press: 373-407.
- Shaanxi Bureau of Geology and Mineral Resource. 1989. Geological Report of the geological ministry of Chinese Rep (one), Record of area geology(18) [M]. Beijing: Geological Publishing House, 585-592 (in Chinese).
- Teaching and research group of physiognomy, area geology staffroom, Beijing college of geology. 1961. About theory primary to topographic development. Physiognomy and Quarternary of geology[M]. Beijing: Chinese Publishing House of Industry, 30-32 (in Chinese).
- WU Chen, ZHANG Xiu-qing, MA Yong-hong. 1996. The upland morphologica surface and Neozoic tectonic movement in north China[J]. North China Earthquake Sciences, 14(4): 40-50(in Chinese).
- WU Chen, MA Yong-hong, ZHANG Xiu-qing, WU Jin-xiang, ZHAO Ming-xuan. 1999a. Topographic surface, physiographic period and geomorphic evolution of mountain area in the North China[M]. Shijiazhuang: Hebei Science and Technology Publishing House, 183-201 (in Chinese).
- WU Chen, ZHANG Xiu-qing, MA Yong-hong. 1999b. The Taihang and Yan Mountains Rose Mainly in Quarternary[J]. North China Earthquake Sciences, 17(3): 1-7 (in Chinese).
- WU Chen. 2008a. Geomorphology Surface, Physiographics Cycle and Geomorphology Evolution :Some Basic Theory on Geomorphology Inferred from Physiographics Evolvment in North China[J]. Geography and Geo-Information Science, 24(3): 66-87 (in Chinese).
- WU Chen. 2008b. Geomorphic environment and geomorphic evolution of mountain area in the North China[M]. Beijing: Science Publishing House, 380-455 (in Chinese).
- WU Zhen-han, HU Dao-gong, LIU Qi-sheng, XIA Hao-dong, YAN Xi-li. 2002. The formation and evolution of tectonic landform of Damxung area in central Tibetan plateau[J]. Acta Geoscientica Sinica, 23(5): 423-428 (in Chinese).
- XIAO Gui-zhen, WEI Feng-hua, ZHAO Xun, WU Zhen-han, LIU De-cai, TAN Zhi-min, DU Jian-guo, WU Zhong-hai, ZHAO Ting, MA Yin-sheng, GAO Lin-zhi, ZHAO Xi-tao, DU Zi-zhang. 2007. Study On The Formation, Conservation and development of geotourism resources, Hebei province[M]. Beijing: Publishing House of Geology, 104 (in Chinese).

图版说明

图版 I Plate I

1. 熬凸村东北玄武岩剖面(镜头 E)
 2. 熬凸村东南玄武岩剖面(镜头 NW)
 3. 羊角村南玄武岩剖面(镜头 NE)
 4. 小羊角村附近玄武岩盖在上新统红色含砾粘土层上(镜头 N)
 5. 小羊角村西南塍村东北侧, 玄武岩盖在红色风化壳和奥陶系灰岩上(镜头 NE)
 6. 武家坪村南玄武岩上覆的离石黄土剖面(镜头 SW)
1. Section of basalt at northeast of Aotu village(Looking E)
 2. Section of basalt at southeast of Aotu village(Looking NW)
 3. Section of basalt at northeast of Yangjiao village(Looking NE)
 4. Basalt lay over red claypan containing gravel(in Pliocene) near Xiaoyangjiao village(Looking N)
 5. Basalt lay over red residuum and Ordovician limestone(Looking NE)
 6. Section of Lishi loess laying on basalt at northeast of Nannao village(Looking SW)

图版 I Plate I

