

中国东部大同火山群发育的 构造地貌背景*

李 树 德
(北京大学地理系)

提 要

大同火山群是我国东部重要独特地貌类型之一。火山群及其所在的大同盆地处于上地幔隆起带上,受中国东部最突出的构造地貌格局——NNE 向雁行右旋剪切拉张断陷带控制。火山群及熔岩溢出带即明显沿着这个右旋剪切拉张破裂带以及与 NW 压扭性断裂交汇处发育,同时受到断裂多次活动的影响。

关键词 大同盆地 火山 构造地貌

山西大同火山群是我国东部独特的火山地貌类型之一。从本世纪卅年代以来,人们就在那里从第四纪地质、岩石学、新构造等各方面进行了考察研究。作者根据近年来的研究,发现大同火山群和熔岩流的发育与构造地貌格局,以及在这种格局控制下的断裂活动有密切关系。今阐述于后,敬请指正。

一、大同火山群及所在的大同盆地的发育受 构造地貌格局的控制

大同火山群以及一系列熔岩溢流带发育于大同断陷盆地中,该盆地是中国东部突出的构造地貌格局——NNE 向雁行式剪切拉张断陷盆地,即山西地堑系中最北的一个盆地。山西地堑系是由一系列地堑型断陷盆地及其内部次一级隆起与凹陷组成。它们的边界大多为活动断裂所控制。各个盆地在平面上呈右行雁列式排列(图 1)。

上述特殊构造地貌格局,综合前人已有成果^[1-11],和作者对大同盆地中火山群与熔岩流形成机理的新资料可以概括为如下两点:

1. 山西地堑系处于中国东部地壳减薄区

地壳的一般厚度为 35—45km,而地堑系又处于其中的地壳减薄带(见文献 2 的图 4),该地壳减薄带之形成,是由于那里正位于上地幔隆起带。地幔隆起作用,使这里的地壳减薄、断陷,并使断裂发展到上地幔和软流圈,导致地幔物质上涌和岩浆活动,从而使这个地堑带内有一系列相应的地球物理特征。例如大地热流值偏高,上地幔低速层较浅和

* 承蒙韩慕康教授热心指导,张世民同志参加了部分野外工作,一并致谢。

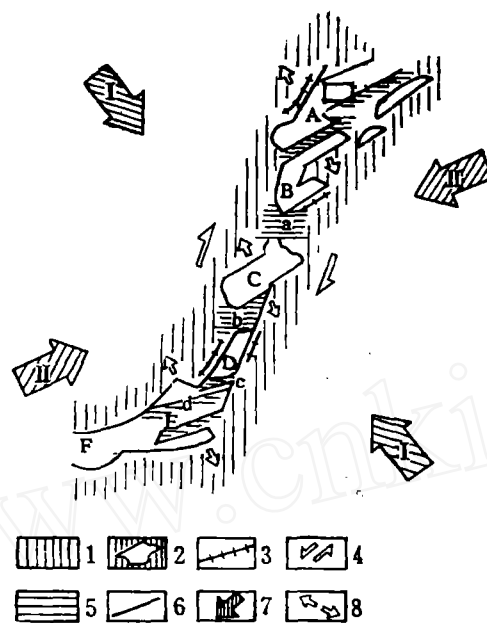


图1 新构造应力场在山西地堑系的地貌表现 (据王和韩,1984)

Fig. 1 Geomorphic expression of Neotectonic stress fields in the Shanxi Graben System
(after Wang N. and Han M., 1984)

- 1.地堑系两侧强烈上升山地; 2.断陷盆地; 3.由逆冲断层和倒转褶皱构成的燕山期挤压构造带;
4.喜山期剪切应力作用方向; 5.盆地之间和盆地内部的横向隆起; 6.断裂; 7.区内主压应力作用
方向(I. 燕山期, II. 喜山期) 8.喜山期盆地边缘拉张应力作用方向。
A——大同盆地(盆地中小方框是研究区,见图4); B——忻定盆地; C——太原盆地; D——临汾
盆地; E——运城盆地; F——渭河盆地; a——石岭关隆起; b——灵石隆起; c——柴庄小隆
起; d——峨嵋台隆起

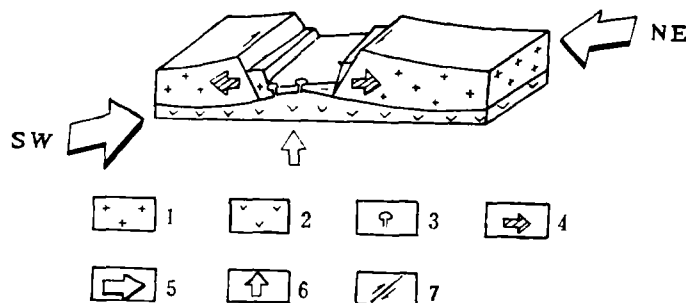


图2 断陷盆地形成及火山喷发图解

Fig. 2 Block diagram showing the formation of down-faulted basin and eruption of volcanoes

- 1.地壳; 2.上地幔; 3.火山; 4.由地幔物质运动产生的张性块内驱动力; 5.区域主压应力作用方向;
6.上地幔上拱力作用方向; 7.剪切带

存在地壳内的低速层等^[6,7,8]。而大同盆地中的火山活动与熔岩溢出作用(图2)则更是地幔物质上涌和岩浆活动的具体结果。

2. 包括山西地堑带在内的中国东部地壳介质主要是古老的太古代—元古代结晶基

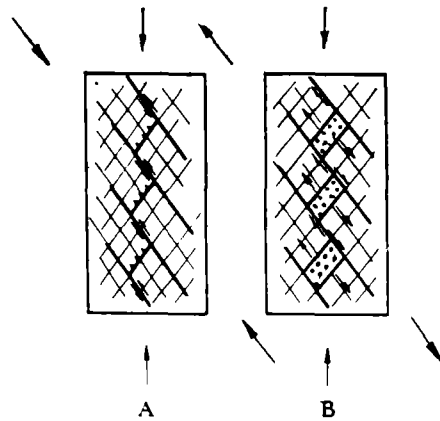


图3 剪切-挤压型断裂系统向剪切-拉张型断裂系统的转换 (据张文佑,略有增补)
Fig. 3 Model of two stages of shear-fracturing (adapted from Zhang Wenyou, 1975)
a. First stage: shear compression; b. Second stage: shear extension

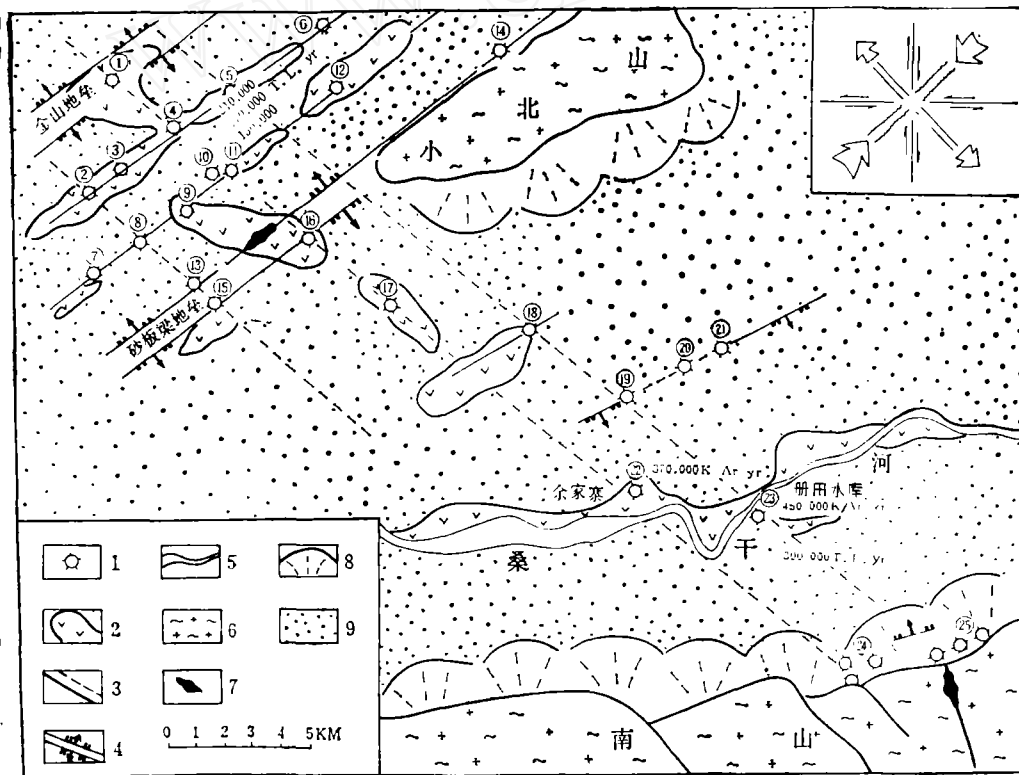


图4 大同火山群和熔岩流与断裂关系图
Fig. 4 Relationships of volcanoes and lava flows development with faults in the Datong Basin

1.第四纪火山; 2.大片玄武岩熔岩流; 3.断层和推测断层; 4.地垒; 5.河流; 6.桑干片麻岩; 7.沿裂隙溢出的小片熔岩流; 8.洪积扇; 9.第四纪堆积。① 金山; ② 牌楼山; ③ 老虎山; ④ 狼窝山; ⑤ 黑山; ⑥ 大北山; ⑦ 昊天寺山; ⑧ 磨儿山; ⑨ 双山; ⑩ 西阁老山; ⑪ 东阁老山; ⑫ 小牛头山; ⑬ 无名山; ⑭ 大马蹄山; ⑮ 兄弟山; ⑯ 马蹄山; ⑰ 浅井南山; ⑱ 许堡东山; ⑲ 西养老洼山; ⑳ 东养老洼山; ㉑ 神泉寺火山; ㉒ 滩头火山; ㉓ 大辛庄火山; ㉔ 大峪口火山; ㉕ 秋林沟火山。

K/Ar yr——钾氩法年龄; T.L. yr——热释光法年龄

底,在岩石力学性质上属于刚性,在构造应力作用下发生脆性破裂,形成 X 型共轭剪切断裂系统^[2,3]。

在中生代的燕山运动期,构造应力场处于 NW-SE 主压应力及派生的左旋剪切力偶作用下,形成了 X 型断裂系统及一系列压性雁行状构造带(图 3A)。到了新构造时期(喜山运动期),由于太平洋板块向欧亚板块下俯冲以及印度板块北移碰撞,在这两者联合作用的影响下,本区构造应力场发生了明显转换,主压应力方向变为 NE-SW 向,并产生右

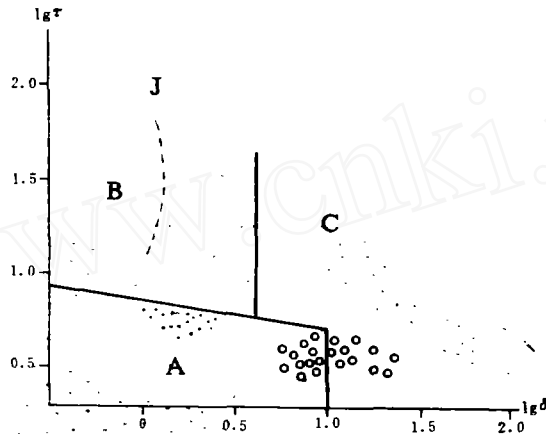


图 5 里特曼-戈蒂尼图解

Fig. 5 $\lg r$ - $\lg \delta$ diagram (after Rittmann, 1973) for the basalts from the Datong Basin

○ 大同盆地西北火山群; ● 大同盆地东南火山群

A 区: 非造山带火山区; B 区: 造山带火山区; C 区: A、B 区派生的碱性偏碱性岩区;

J 区: 日本火山岩

$$\delta = \frac{(K_2O + Na_2O)^2}{SiO_2 - 43} \quad r = \frac{Al_2O_3 - Na_2O}{TiO_2}$$

旋剪切力偶,从而使早期已形成的 X 型断裂系统处于右旋剪切拉张状态(图 3B),沿着上地幔隆起带轴部发育成一系列几何轮廓分明的 NE 向拉张和 NNE 向剪切拉张的断陷盆地,而在这些断陷盆地之间,由于局部剪切挤压而形成横向隆起。

大同盆地中的火山喷发和熔岩溢出活动即发生在这个右旋剪切拉张时期。调查发现,有些火山和熔岩流甚至成排地直接分布在南缘的拉张性盆边断裂上(图 4)。

另外从火山喷发的年代资料看(图 4),桑干河流域以南比较老,西北区的比较新。将作者采集的 40 个火山喷发岩石样品化学分析资料¹⁾投影到的里特曼-戈蒂尼图上分析(图 5),可以看出:西北区玄武岩位于 A 区右端和紧邻 C 区处,远离 B 区。这说明岩浆活动形成于稳定的非造山带,与实际构造条件相符;而东南区玄武岩位于 A 区中间顶部,与 B 区接近,说明其形成虽不属于造山带区,但其活动性明显较西北区强。从断裂的活动强度和幅度看,则东南区大于西北区,这些情况同以上化学分析资料一致,都很好地反映了大同盆地所处的构造条件。

1) 蒙北京大学地质系化学实验分析室代为测定,谨此致谢。

二、火山群的发育受大同盆地内部断裂活动的控制

前已提到,地堑系的刚性地壳先在早期(燕山期)受左旋剪切作用,后又在晚期(喜山期)受右旋剪切作用下形成了复杂的X型剪切网格系统,并进一步发育成雁行斜列构造格局。调查发现,就是在充填着第四纪沉积的大同盆地内部也同样发育着次一级X型剪切网格系统,而且在此背景之上,形成了走向与现今主压应力方向一致的、一系列NE向次一级地垒地堑构造,在图4的西北部表现尤为典型。

盆地内的地堑,表现为一系列NE-NNE向羽状地堑,由两组小型地堑型凹地组成:一组边界断裂呈右旋扭张,形成NNE的凹陷,如遇驾山(在图4中的金山地垒西北侧,已出图)西北侧凹陷带;另一组边界断裂为张性,形成NE向凹陷,如遇驾山东南和金山寺NE向隆起的西北侧。这两组凹陷相互勾通,但NE向地堑处于NNE向凹陷的右侧,呈斜列式展布,因而在平面上构成NE向的羽状格局。

此外,作者还从本区采了四个玄武岩样品,经锶同位素的初始比(Sr^{87}/Sr^{86})测定¹⁾,得知它们分别为0.70359, 0.70471, 0.70483和0.70501。说明它们属于幔源型;也就是来自上地幔的深源岩浆。这表明,大同盆地断陷破裂的深度达到了上地幔。

盆地内的一系列次一级地垒,在地貌上表现为NE向地垒型隆起,如黄花梁隆起(在图4所示地区的西侧)、砂板梁隆起、金山隆起及遇驾山隆起等。这些大小不等的隆起两侧均为活动性阶梯状正断层所控制,它的两端均未穿过控制盆地的边界断裂。

这些次一级地堑地垒构造又受到NW向断裂切割。因此所有火山群的发育都受NE向断裂系统中主要活动断裂以及它们与NW向断裂交汇点的控制。

观察发现,大同盆地中的火山均沿断裂带喷发,玄武岩溢流以及高温地下热水均沿断裂带出露。火山喷发和玄武岩溢流与断裂系统的关系有明显规律性,主要有:

1. 断裂活动导致火山喷发,断裂格局控制火山群分布

在新构造应力场作用下,张破裂带的方向垂直于区内NW-SE方向的引张应力。因而火山也沿着作为张性破裂带的NE向断裂带呈线性分布(图4)。例如火山②和③沿着桑干河断裂分布;火山④及⑤沿着阶梯式南山山前的断裂分布;火山⑬、⑭、⑮、⑯等沿着砂板梁地垒边界阶梯式张断裂分布;火山②、③、④、⑤、⑥等沿着黑山断裂分布。

2. 火山沿断裂交汇处喷发

NE向张性断裂与NW向压扭性断裂交汇处是火山主要喷发点,且一般喷发规模也较大。例如,位于NW向断裂与控制断陷盆地的NE向阶梯式桑干河断裂带交汇点的②、③、④、⑤等。另外,NW向断裂与断陷盆地中次一级NE向断裂交汇处,火山喷发也极为醒目。例如火山⑤、⑬、⑭、①、④、⑪、⑩、②、⑧、⑬、⑮等(图4)。

3. 玄武岩熔岩流亦沿NE向断裂以及与NW向断裂交汇处溢流分布

野外实测填图明显显示,玄武岩溢流也是沿着NE向断裂分布,最为突出的是沿桑干河断裂带大面积分布(图4)。这可能是基底断裂沿着盆地扩张轴部发育,导致玄武岩岩

1) 蒙中国科学院地质科技咨询开发公司代为测定,谨此致谢。

流沿之溢出。据钾氩法年代测定¹⁾, 余家寨处熔岩为 37 万年, 册田水库大坝下面熔岩岩心样品为 45 万年。据热释光测定, 湖相烘烤层为 30 万年, 这说明岩浆活动在中更新世最盛。以后, 盆地在拉张应力作用下继续不断扩大发展, 断裂继续活动, 对早期溢出的玄武岩又进行了破坏, 后期沿断裂破碎带发育了桑干河。在大同盆地西北区, 玄武岩熔岩流也极明显地沿着 NE 向断裂分布, 在 NE 向断裂与 NW 向断裂的交汇处更是大面积出露(图 4)。

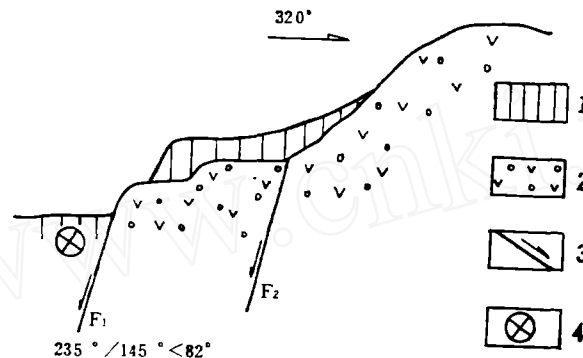


图 6 许堡东山东南冲沟剖面上断层示意图

Fig. 6 Faults in profile along the southeastern gully on the Dongshan Volcano at Xupu, Datong Basin

1. 黄土; 2. 火山碎屑岩角砾; 3. 断层; 4. X 节理

4. 断裂活动引起火山多次活动及地震活动

第四纪以来, 大同盆地中年轻的张性地堑系构造和阶梯式断裂既是主要的活动构造, 也是重要的发震构造。根据位于大同县西坪砂板梁地垒西北侧的地震台监测资料, 小震极为频繁, 反映断层至今仍在轻微地活动。在研究区内、火山, 无论是陆上喷发的还是湖中喷发的, 都具有受断裂活动控制的表现。例如黑山, 从剖面上不同喷发层位取样, 用热释光测得绝对年龄分别为 21、17、15 万年, 反映相应次数的多期喷发。又如, 许堡东山(图 4 的④)属于湖中的多次喷发, 因为玄武岩流、火山砾、火山砂及火山灰在湖相粘土层中呈许多层分布。

5. 断裂的后期活动不断改变火山形态

在新构造应力场的作用下, 断裂的活动有不同的形式。在研究区内主要有两种类型, 一种是继承性断裂活动, 即沿着原来的断裂继续活动发展, 表现最为明显的是南山山前阶梯式断裂, 它在后期的活动将早期形成的火山碎屑流动沉积物断开, 同时也改变了山前洪积扇形态; 另一种是新生型断裂活动, 即断裂活动再产生新的断裂, 如砂板梁地垒两侧阶梯式张断裂。断裂将中更新统 (Q_2) 灰绿色湖相粘土层及晚更新统 (Q_3) 河湖相粉砂灰砂砾层断开。在西北侧, 自上新统 (N_2) 红土层直到中更新统 (Q_2) 红色土层均被断层所断切, 且晚更新统 (Q_3) 黄土也受到了影响。由于砂板梁地垒两侧断裂活动强度和幅度不均

1) 数据由国家地震局地质研究所孙建中提供, 谨此致谢。

一, 靠东南侧断裂活动幅度较大, 导致位于断裂带上的马蹄山发生倾斜变形, 向东南倾斜。

6. 火山活动产生新的次一级断裂, 后者反过来又改变了火山形态

火山间歇性活动使早期喷发沉积的火山碎屑物及熔岩流产生次一级小规模放射状或环状断裂, 如金山上的环状张性拉裂。在狼窝山火山口内明显见到早期固结的熔岩及碎屑被后期火山再活动上拱成背斜状。又如许堡东山南坡深切冲沟剖面上, 可见到因火山多次活动而产生的次一级断裂(图6)。在 F_1 附近, Q_3 黄土因受此断裂活动的影响而产生X剪切节理。

三、结 论

1. 大同火山群及其所在盆地的发育受中国东部最突出的构造地貌格局——NNE向雁行式右旋剪切拉张断陷带所控制。

2. 新生代以来, 山西地堑带由于受到来自青藏高原方向和太平洋方向侧向挤压导致右旋剪切拉张作用以及地幔上隆作用, 使区内地壳减薄。基底和地壳断裂发展到上地幔, 伴随着断陷作用而在大同盆地发生了火山活动和熔岩流溢出。

3. 火山群和熔岩流明显地沿着NE向右旋剪切拉张带, 以及它们与NW向压扭性断裂交汇处分布发育, 并受到断裂再活动的控制。

4. 对大同盆地内火山和熔岩流发育与构造地貌格局以及这种格局控制的活动断裂关系的认识, 有助于某些经济建设问题的解决, 例如: 寻找地下水富集带、选择和鉴定安全的重大工程场地、测报地震等等。

参 考 文 献

- [1] 邓起东等, 中国构造应力场特征及其与板块运动关系, 地震地质, 1(1), 13—14, 1979。
- [2] 张文佑等, 华北断块区中, 新生代地质构造特征及岩石圈动力学模型, 地质学报, 39—40, 1983(1)。
- [3] 张文佑等, 初论断块的形成和发展及其与地震的关系, 地质学报, 19—22, 1975(1)。
- [4] 王乃樑等, 构造地貌学的理论、方法、应用与动向, 中国地理学会第一次构造地貌学术讨论会论文选集, 科学出版社, 3—4, 1984。
- [5] Han Mukang, Tectonic geomorphology and its application to earthquake prediction in China. in: M. Morisawa & J. T. Hack ed., Tectonic Geomorphology, Allen & Unwin Ltd. Boston, U. S. A. 367—386, 1985.
- [6] 中国科学院地球物理研究所, 晋中南地区地壳结构的初步研究, 地球物理学报, 17(3), 196—198, 1974。
- [7] 卢造勋, 深部构造变异带的划分, 地震战线, 1977(5)。
- [8] 中国科学院地质研究所地热组, 华北大地热流, 地热研究论文集, 科学出版社, 13—30, 1978。
- [9] 国家地震局兰州地震大队大地电测深组, 中国南北地震带北段地壳和上地幔的电性特征, 地球物理学报, 19(1), 28—33, 1976。
- [10] Molnar P. et al., Cenozoic Tectonic of Asia: Effects of a Continental Collision, Science, 189, 1975.
- [11] Tappanier, P. and P. Molnar, Active Faulting and Tectonic in China, J. G. R., 82(20), 1975.

MORPHOTECTONIC SETTING OF THE DEVELOPMENT OF DATONG VOLCANO GROUPS IN THE EASTERN PART OF CHINA

Li Shude

(Department of Geography, Peking University)

Key words Datong Basin Volcano Morphotectonics

Abstract

The Datong volcano groups are one of the important specific landform types in the eastern part of China. The development of volcano groups and the Datong Basin Where the volcano groups are located and controlled by the most striking morphotectonic pattern in the eastern part of China-NNE-trending en echelon right-lateral shear-extensional down-faulted zone, located on the upper-mantle upheaval zone. The volcano groups and lava flows are developed obviously along the NE-trending right-lateral shear-extensional fracture zones and their intersection with NW-trending shear-compressional faults, and also continuously affected by re-activation of faults.