

荣成伟德山岩体的侵位机制^①

陈守田 刘春华

(长春地质学院)

提要 伟德山岩体就位于大型韧性剪切带中,是构造后的花岗岩体,侵位时代为133—158Ma。该岩体为同源岩浆演化的产物,演化规律为早期富含暗色组分,晚期富含浅色组分,并向二长花岗岩方向演化。其岩体形态为条带状和同心环带状。叶理、包体方向平行于接触线,无接触变质晕,条带与围岩协调。岩体向东有横向拓宽的趋势,并改造围岩。根据岩体形成、岩浆演化规律及区域地质构造背景等特征,认为伟德山岩体的侵位机制既不是单纯的被动模式,也非单纯的主动模式,而是以被动、主动先后为主导的侵位机制模式。

0 引言

花岗岩体的侵位机制是当前花岗岩地质学研究的前沿。侵位机制习惯上被分为两种类型,即主动型和被动型。主动型是靠浮力驱动岩浆,并把地壳机械地推开;被动型则以置换机制为主,顺着断裂或地壳裂缝上侵。此外,D. H. W. Hutton于1989年在研究格陵兰奥长环斑花岗岩时,曾提出沿活动张性剪切带定位的机制^[1]。他利用平衡地质剖面中断坪、断坡来解释岩体侵位空间问题。

笔者通过对伟德山岩体及其围岩进行详细的构造填图,深入研究了岩体的构造型式特征,认为伟德山岩体的侵位既不是单纯的主动模式,也非单纯的被动模式,而是二者结合的产物。即早期以被动为主导,晚期以主动为主导的侵位模式。本文报道了笔者近二年来的研究成果。

1 区域地质背景及岩体的岩石构成

伟德山岩体位于山东省文登市—荣成市境内,出露面积约500km²,处于华北地台胶北隆起南缘的“五一荣”构造岩浆岩带中^[2]。该构造岩浆岩带早期表现为一条韧性剪切带,整体方向呈NE向,局部稍有变化,伟德山岩体即就位于这条剪切带中。其围岩主要由二长花岗质—花岗闪长质片麻岩类组成。伟德山岩体可划分为六个侵入体,分别为石英闪长岩、石英二长岩、斑状石英二长岩、巨斑石英二长岩、斑状二长花岗岩及细

^① 本文1995-06-15收到,1996-01-22改回。

粒二长花岗岩等。其中石英二长岩、石英闪长岩分布于岩体北部和西部,呈条状展布,其余各侵入体呈同心环带状分布(图 1)。

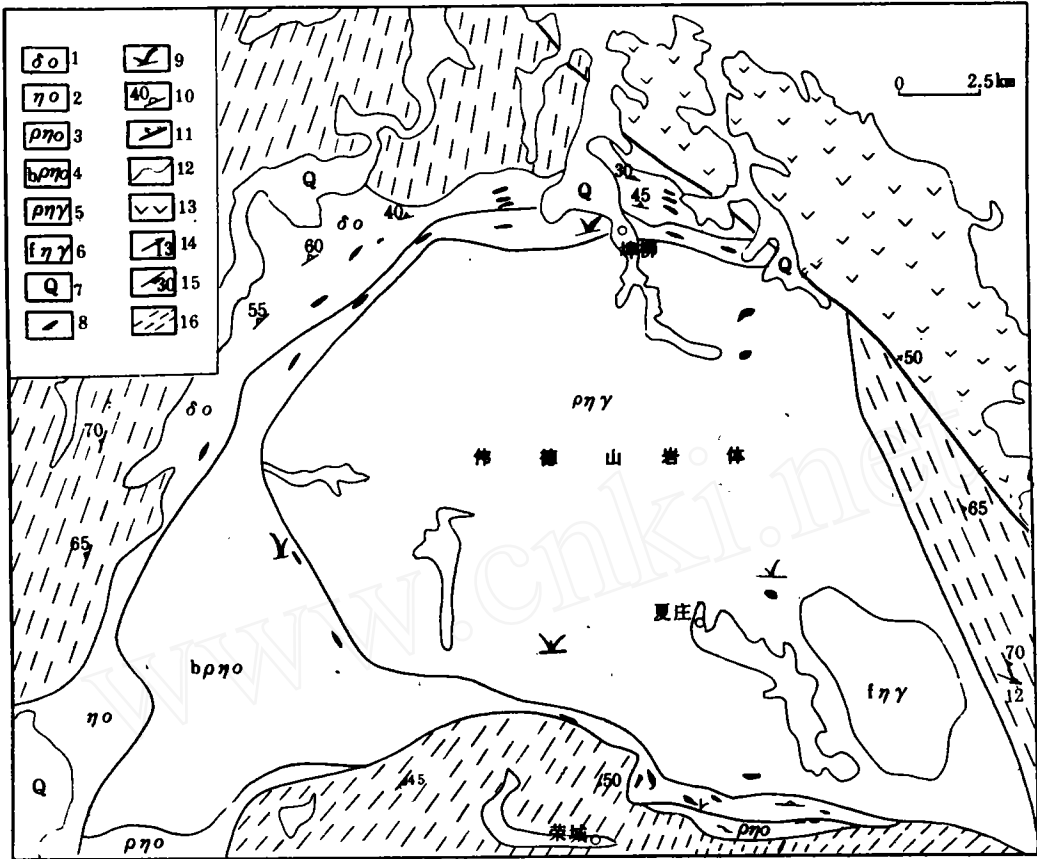


图 1 伟德山岩体构造图

Fig. 1 Structure of the Weideshan Intrusive Body

- 1. 石英闪长岩; 2. 石英二长岩; 3. 斑状石英二长岩; 4. 巨斑石英二长岩; 5. 斑状二长花岗岩; 6. 细粒二长花岗岩;
- 7. 第四系; 8. 闪长岩包体; 9. 斑晶走向玫瑰花图; 10. 岩浆侵位叶理; 11. 断层; 12. 地质界线; 13. 火山岩;
- 14. 矿物拉伸线理; 15. 围岩叶理; 16. 韧性变形带

稀土元素研究表明,伟德山岩体各侵入体具一致的稀土配分模式,反映各侵入体为同源岩浆演化的产物。从化学成分上看,岩体由边缘向中心具有 SiO_2 、 K_2O 、 Na_2O 含量逐渐增高, FeO 、 MgO 、 CaO 含量逐渐减少的变化趋势。岩体中样品与变量之间对应关系十分明显,在因子载荷图上,矿物和元素聚合成两个质点群。说明岩浆演化早期暗色组分较多,晚期则富含浅色组分,其总趋势是向二长花岗岩演化(图 2)。

2 岩体构造型式特征

构造型式是由某一特定侵入体内的不同构造要素确定的。它对于侵位和变形的历

史以及有关的机制可提供一些重要信息^[3]。下面从岩体附近围岩构造以及岩体的宏观构造和显微构造等, 讨论岩体的构造特征。

2.1 围岩构造

从大区域范围看, 伟德山岩体围岩叶理走向为 NE 向, 但在岩体附近稍有变化。岩体的西部、北部围岩叶理与岩体协调或基本协调, 而岩体南部围岩叶理走向从北东略向东偏转, 东部围岩叶理走向则整体转为 NW 向。在露头尺度上, 石英闪长岩、石英

二长岩与围岩呈侵入接触关系, 未见围岩有被改造现象。而斑状或巨斑石英二长岩和斑状二长花岗岩则均改造围岩, 使之形成平行于接触面的面状组构。野外及镜下研究表明, 伟德山岩体围岩叶理为早期叶理, 相对于岩体来说是一种先存的构造, 说明岩体对围岩构造的改造作用并不强烈。

2.2 岩体的宏观构造特征

本文主要从以下三个方面来研究岩体的宏观构造:

(1) 接触关系 伟德山岩体各侵入体之间, 石英闪长岩、石英二长岩与斑状石英二长岩为脉动接触关系, 斑状石英二长岩与巨斑石英二长岩则呈涌动接触关系, 细粒二长花岗岩与斑状二长花岗岩亦呈脉动接触关系。

(2) 叶理 伟德山岩体叶理在各侵入体中的变化特点为: ①石英闪长岩、石英二长岩中角闪石和斜长石呈定向排列, 构成叶理, 后者平行于接触线方向; ②斑状石英二长岩、巨斑石英二长岩中钾长石斑晶亦呈定向排列, 构成叶理。对斑晶走向进行随机统计, 以其结果作斑晶走向玫瑰花图并标在岩体构造图上(图 1), 发现斑晶优势走向平行于接触线方向; ③野外对斑状二长花岗岩的观察发现, 该岩石中斑晶分布无规律性。而对岩体内多处斑晶走向进行随机统计, 据其结果所作的玫瑰花图呈分散状, 无优势方向, 这说明野外观察与统计结果相符; ④细粒二长花岗岩中无斑晶, 也无叶理; ⑤伟德山岩体各侵入体的线理发育不明显。

(3) 包体特点 花岗质岩石中的包体是研究花岗岩及其地质作用的重要窗口。包

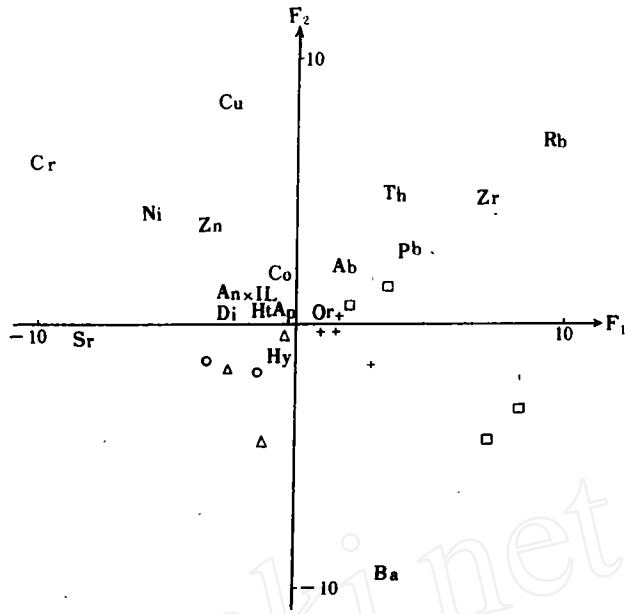


图 2 因子载荷图

Fig. 2 A Factor Load Map

体的分布特点、应变程度、取向以及岩浆演化、侵位等与寄主花岗岩息息相关^[4]。伟德山岩体中发现有大量包体,其中以闪长岩、闪长玢岩的包体占优势,其数量从岩体边部向中心部位渐少。这些包体都不同程度地变为压扁的椭球体。在埠柳一带见石英闪长岩中有一出露完好的椭球状闪长玢岩包体,其三轴分别为 $x=10$ 、 $y=7$ 、 $z=2$,经计算, K 值=0.17;在吴家巨斑石英二长岩中亦见有一出露完好的椭球状细粒闪长岩包体,其三轴分别为 $x=18$ 、 $y=17$ 、 $z=16$,经计算, K 值=0.97。观察和计算结果表明:石英闪长岩应变(压扁)较强, K 值较小;斑状或巨斑石英二长岩应变也较强;而斑状二长花岗岩应变则较弱, K 值较大。另外,将包体方向和轴率数据标示在岩体构造图上,可见包体长轴平行于接触线方向。

2.3 显微组构

G. H. W. Hutton(1988)根据变形作用和岩浆结晶状态之间的时间关系,划分出固结前的组构(岩浆状态下的变形)和晶体塑性应变组构(固态下的变形)两种基本组构类型^[6]。

岩浆状态下变形和固态下变形之间的转化,通常是根据石英晶内韧性变形特点而确定的。在低应变条件下,石英的塑性变形仅表现为光性变化;而在较强应变条件下,石英则发生颗粒形态的变化^[6]。笔者对伟德山岩体不同侵入体中100多块薄片,尤其对其中的石英、长石两种矿物进行了系统观察,结果发现:

(1)石英闪长岩中的石英波状消光明显,斜长石双晶发生错动,表明应力增强,致使韧性较石英差的长石也发生晶体变形。

(2)石英二长岩中的石英具波状消光,斜长石双晶弯曲变形,还见有石英细粒化现象等。这说明岩石中矿物既有重结晶作用,又有晶内变形,反映其所受的应力较强。

(3)巨斑石英二长岩中的石英也见有波状消光,钾长石具有不均匀环带和破碎现象,反映结晶初期该岩石处于一种相对静态环境,受应力作用后,才引起钾长石斑晶碎裂。斑状二长花岗岩的边部除石英具波状消光及钾长石具环带外,石英细粒化也相当强烈,说明岩石结晶经历了“静态”和“变形”两种环境,反映应力逐渐增强;而其中心部位的石英仅具波状消光,钾长石或斜长石见有环带,说明岩石结晶初期曾经历过一种静态阶段,使钾长石晶体长大并形成环带,后期的应力作用使最具韧性的矿物出现波状消光。可见中心部位的岩石也经历了“静态”和“变形”两种环境,但与边部的岩石相比,其所受的应力较强。

从以上分析可知,伟德山岩体各侵入体岩石均具有晶内变形现象,其边部岩石还具重结晶的特点。总的说来,该岩体从中心到边部,应力有增强趋势,这种变形为一种固态条件下的变形。

3 伟德山岩体的就位机制

岩体的就位机制与岩体的产状(岩体形态及与围岩的关系)以及岩体表面叶理、包体的分布特点等关系密切。

3.1 岩体的产状特征

伟德山岩体的产状特征,主要表现在以下几方面:

(1)伟德山岩体的形态,在空间上表现为西部及北部呈条带状,其余部分呈同心环状展布;

(2)叶理走向和包体长轴方向均与条带的展布方向一致;石英闪长岩、石英二长岩与围岩接触处,均未见其被强烈改造的迹象,更未见接触变质晕。

(3)斑状和巨斑石英二长岩中,钾长石斑晶面状组构与接触界线平行;石英二长岩的包体形态多为扁平形,其长轴与接触界线一致。

(4)斑状二长花岗岩中,斑晶的随机分布无规律可寻,包体多为浑圆状。

(5)斑状石英二长岩、斑状二长花岗岩与围岩接触处均见有围岩被改造现象,并使之形成与接触面平行的叶理。另外,斑状二长花岗岩向东发生横向拓宽,使东部围岩叶理由 NE 向整体转为 NW 向,南部围岩叶理的走向也发生轻微变化。

3.2 伟德山岩体的就位机制分析

从石英闪长岩、石英二长岩与围岩接触处无改造迹象,其内部的叶理走向和包体长轴平行于岩体展布方向,以及应力较强等特征来看,伟德山岩体发育早期是沿断裂侵入的被动就位机制;而岩体内部各侵入体岩相呈同心环状分布,包体和叶理与接触线平行,与围岩呈不协调接触并改造围岩以及应力由边部向中心逐渐减弱等,则表明岩体发育晚期具主动就位特征,即气球膨胀模式。

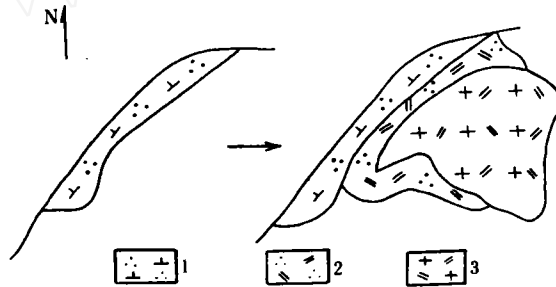


图 3 伟德山岩体平面演化示意图

Fig. 3 A Sketch Showing the Evolution of the Weideshan Intrusive Body

1. 石英闪长岩; 2. 石英二长岩; 3. 二长花岗岩

3.3 岩体就位机制模式

通过对伟德山岩体进行 1:5 万区调填图和岩体构造编图以及岩体地球化学的研究,综合分析该岩体与围岩的关系,结合区域地质构造背景并与两个典型花岗岩体(爱尔兰多内加尔岩基中的阿达拉岩体和北京周口店岩体)的对比^[7],认为伟德山岩体的侵位是早期以被动为主导,晚期则以主动为主导的侵位机制模式。这一模式合理地解释了该岩体的空间分布和平面演化特征(图 3),具体分析如下:

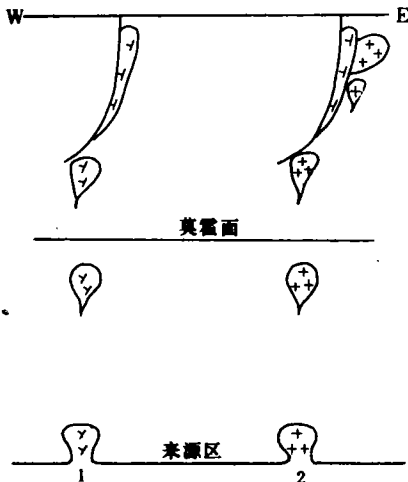


图4 伟德山岩体上升和侵位模式图

Fig. 4 A Model Showing the Uplift and Emplacement of the Weideshan Intrusive Body

1. 底辟上升到中部地壳,截断了一个壳内断层带,形成了拉长的深成岩体,成一个“塞”焊接了断裂;2. 岩浆连续上涌,由于热斯托克斯模式作用,晚期岩浆在地壳浅部层次发生气球膨胀作用,并向东横向拓宽

由于早先形成的“五一荣”构造带在燕山晚期重新强烈活动,加之断裂的深切作用,因而导致下地壳(或上地幔)物质的部分熔融并产生岩浆。早期生成的岩浆虽然偏基性,但密度相对较低,产生的密度差使岩浆具有上浮力,从而引起岩浆自深部构造层次膨胀上涌,并沿应力薄弱部位侵位至浅部构造层次。又因张性韧性剪切带的存在,致使岩浆沿剪切带充填而表现为一种被动就位侵入机制。

随着岩浆演化的进行,酸性岩浆组分越来越多,岩浆的不断上涌还造成深部压力的降低,因而加速了岩浆的部分熔融并增加其上涌数量,这就导致浅部构造层次的剪切带也被岩浆充填。又因深、浅层次热的传导和温度差的形成,使得侵入体下部保留部分热的机械浮力,为发生热气球膨胀(即热斯托克斯模式)创造了条件。后期

上涌的岩浆必然要推挤早期就位的石英闪长岩、石英二长岩及其围岩,并使它们向东膨胀拓宽。这就是伟德山岩体以气球膨胀模式为主导的侵位机制(图4)。

在后期热气球膨胀就位机制的影响下,早期就位的岩体中形成了与接触界线平行的叶理,包体也被挤扁。这样伟德山岩体自身就不仅具有同心环状展布的特点,而且还具有叶理走向、包体长轴平行于侵入体接触界线的分布形式。

总之,伟德山岩体发育早期是沿断裂侵入的被动就位机制,晚期则具主动就位特征,即气球膨胀模式。岩体的构造特征反映了该岩体属以被动、主动先后为主导的就位机制模式。

本文所采用的资料,实际上是长春地质学院1:5万胶东填图队的集体成果,对于全体老师和同仁们给予的支持和帮助,作者在此深表谢意。

参 考 文 献

- [1] Hutton, D. H. W., 1989, 花岗岩的应变分析和定位机制. 中国区域地质, 第3期.
- [2] 曹国权等, 1990, 山东胶南地体及其边界断裂五莲—荣成断裂的构造意义. 山东地质, 第6卷, 第2期.
- [3] Castro, A., 1987 On granitoid emplacement and related structures A review *Geologische Rundschau*, 76/1, P. 101—124.
- [4] 周旬若等, 1991, 漳州花岗岩岩石学及构造—岩浆动力学机理. 现代地质, 第5卷, 第2期.
- [5] Hutton, D. H. W., 1988, Granite emplacement mechanisms and tectonic Controls; inferences from deformation studies. *《Earth Sciens》* Col. 79. pp. 245—255.
- [6] 钟增球等编, 1991, 构造岩与显微构造. 中国地质大学出版社.

- [7] 王人镜等,1990,周口店岩体热动力构造及定位机制研究.中国区域地质,第1期。
- [8] Hutton,D., 1990, A new mechanism of granite emplacement; intrusion in active extensional shear Zones Nature Vol343. 1 February 452—455.
- [9] Pitcher, W. D., 1987, Granites and yet more granites forty years on Geologische Rundschau, 67/1 P. 51—79.
- [10] 吕贻峰,1989,花岗岩类岩浆生成及侵位过程中的构造控制作用.现代地质,第3卷,第4期。
- [11] 吴幅元、林景仟,1991,岩浆脉动结晶实例,山东伟德山岩体.长春地质学院学报,第21卷,第3期。
- [12] 马昌前,1988,北京周口店岩体侵位和成分分带的岩浆动力学机理.地质学报,第62卷,第4期。
- [13] 韩宗珠等,1991,胶东—苏北构造带特征及动力学演化.地质科技通报,第5期。
- [14] Tohn G. Ramsay, 1991,花岗岩底辟侵位动力学,津巴布韦 Chindamora 岩基.国外花岗岩地质,第2期。

THE EMPLACEMENT MECHANISM OF WEIDESHAN INTRUSIVE BODY IN RONGCHENG

Cheng Shoutian and Liu Chunhua
(Changchun University of Earth Sciences)

Abstract

Weideshan Intrusive body is a post—tectonic granite—complex which is located in a large ductile shear zone. The time of emplacement was about 133—158Ma. The complex is the product resulted from the evolution of a cognate magma. The rocks formed in the early stage of the evolution are rich in dark—colored minerals whereas those formed in the late stage of the evolution are rich in light—colored minerals with a trend of the evolution towards morzonitic granite.

The complex has a striped and concentric—ring shape. The direction of foliation and inclusions parallel to the contact of line, but there is no contact metamorphic aureole. The strips are conformable to the country rocks. The concentric—ring rocks unconformable to country rocks are widened to the east and make the country rocks reformed.

According to the characteristics of the shape of the complex, the regularity of magma evolution and the regional geological setting, the authors suggest that the emplacement of Weideshan complex fits neither to the pure “passive” model nor to the pure “forceful” model, but the model with the “passive” character dominated in the early time and “forceful” character more prominent in the late stage.