

文章编号: 1006-6616 (2002) 02-0149-07

大别山双河片麻状花岗岩岩体 石英组构特征及应变分析

刘 强¹, 杨坤光²,

(1. 中国地质大学研究生院, 武汉 430074; 2. 中国地质大学地球科学学院, 武汉 430074)

摘 要: 对大别山双河片麻状花岗岩岩体中的石英 C 轴组构、黑云母 (001) 解理极点和石英颗粒三维应变分别进行系统测量。结果显示, 双河岩体在侵位和后期演化过程中以挤压变形为特点, 岩体经过 NW—SE 向和 NE—SW 向两次挤压, NW—SE 向挤压强度较大, 奠定了岩体基本的构造形态。结合区域应力场特征分析得出, 双河岩体在早三叠世至早侏罗世应力方位为 NW—SE 向挤压, 中侏罗世及后期为 NE—SW 向挤压, 应力场发生顺时针变化。

关键词: 石英 C 轴组构; 应变测量; 片麻状花岗岩; 双河岩体; 大别山

中图分类号: P313

文献标识码: A

0 引言

20 世纪 80~90 年代, 柯石英和微粒金刚石在大别山的相继发现^[1], 使得大别超高压变质带成为中外地质科学家研究的热点地区, 并被国际公认为世界上规模最大、出露最好的超高压变质带。近年来, 超高压和造山带的研究在矿物学、岩石学、构造地质学、地球化学等方面取得了丰硕的科研成果, 但仍有一些重大问题亟待探索, 诸如超高压变质作用深度、年代、超高压变质岩形成的大地构造背景、折返机制与过程等^[2]。

大别山是中生代碰撞造山带已趋于共识, 碰撞年龄在 220~245Ma 也无太大争议^[3~8], 但对于碰撞后的构造演化却存在着不同认识。如邓晋福等认为超高压折返在 210Ma, 代表伸展塌陷事件^[9]; 从柏林等认为 240~220Ma 为快速折返阶段, 角流和浮力为主要折返机制^[2]; 索书田等认为超高压变质带分为三阶段折返, 210~200Ma 为折返第一阶段, 折返机制为地幔拆沉作用; 第二阶段 (200~170Ma) 是在伸展体制控制下的近水平韧性伸展流动和垂向上的薄化作用; 第三阶段 (130Ma 到现在) 则为造山带的构造揭顶作用, 超高压岩石和高压岩石剥露于地表^[10]。在研究方法上, 利用侵入在造山带中岩体变形研究则可以得到有关造山带构造演化和区域变形的信息。正如 Vignersse 指出的^[11], 在花岗岩岩浆的侵位过程中贯穿着变形作用, 应将花岗岩体视为构造标志体。在大别古老的变质岩系中, 发育了大量的深成岩体并遭受变形改造, 很多已改造成

收稿日期: 2002-02-08

基金项目: 国家自然科学基金 (编号: 40172069)

作者简介: 刘强 (1978-), 男, 硕士研究生, 构造地质学。

为片麻岩。它们作为巨大的应变标志体必定孕育着丰富的区域变形信息。在研究手段上,利用矿物组构测量、应变分析、岩石磁性组构测量等方法进行岩体变形环境判别、应力状态分析,往往可以得到与岩体变形相关的构造信息,而且实践证明,这是一套切实可行的地质方法^[12,13]。基于这个思路,笔者对东大别山双河片麻状花岗岩进行了构造变形研究,以石英、黑云母等花岗岩中的重要矿物为研究对象,进行分析研究并得到造山带构造演化和区域构造变形重要的动力学信息。

1 地质背景

双河岩体出露于安徽省潜山县牌楼乡,大地构造位置位于大别造山带东南缘,毗邻下扬子板块(图1)。双河岩体侵入在大别杂岩中,呈NE—SW向条状分布,岩体内部和边缘均有榴辉岩、硬玉石英岩、大理岩及花岗质片麻岩互层产出(图2)。岩体的岩性为片麻状花岗岩(亦称为花岗质正片麻岩或变质花岗岩),其矿物组合为:石英+斜长石+钾长石+黑云母+绿帘石±多硅白云母±石榴子石±榍石±磁铁矿±磷灰石±碳酸盐^[14]。片麻理走向NE—SW,倾向SE,倾角中等,与区域构造线大致一致。

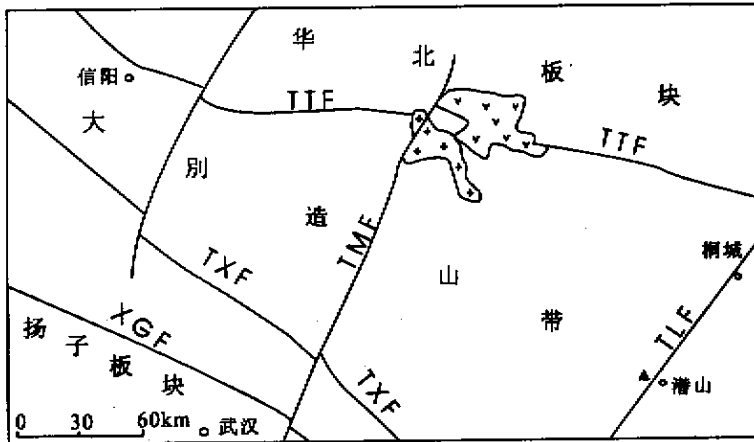


图1 双河岩体区域构造示意图

Fig.1 Tectonic sketch map of Shuanghe gneissic granite

TTF. 桐柏—桐城断裂; TMF. 团麻断裂; TXF. 桐柏—涇水断裂; TLF. 郑庐断裂; XGF. 襄樊—广济断裂; ▲为双河岩体所在大地构造位置。

双河岩体同位素年代学资料显示^[15-17],对片麻状花岗岩进行锆石 U-Pb 法测年,不一致线上交点年龄为 $726 \pm 15\text{Ma}$ 、下交点年龄为 $224.5 \pm 6.3\text{Ma}$ 。据此解释,双河岩体原岩形成时期极可能为新元古代,接受超高压变质作用为早三叠世。该岩体的角闪石和黑云母的 Ar-Ar 坪年龄分别为 $203.9 \pm 3.5\text{Ma}$ 和 $180.8 \pm 2.5\text{Ma}$,推算出在 $224.5 \sim 180.8\text{Ma}$ 岩体经历了一次抬升运动^[17]。

稳定同位素地球化学研究表明^[14],片麻状花岗岩与邻近的榴辉岩在 $\delta^{18}\text{O}$ 变化上具有同

步性,全岩 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 $-4.7\text{‰} \sim +10.3\text{‰}$,与围岩花岗质片麻岩 ($-4.2\text{‰} \sim +0.8\text{‰}$) 不一致,证明双河岩体与榴辉岩在构造演化上呈整体演化,与花岗质片麻岩呈“外来”接触关系,构造上分属两个单元^[2,14]。目前的野外观测也认为变质花岗岩是在高-超高压带从地幔深度向中上地壳折返过程中侵入其中的,随后与超高压带一起向地表折返并与其共同变形^[18,19]。因此,双河岩体变形特点和构造样式记录了与超高压岩石变形(尤其是后期)密切相关的构造信息。

2 样品组构分析及应变测量

本次共采样品 12 个,其中 1 个样品 (No. 17) 为花岗质片麻岩,其余均为片麻状花岗岩。

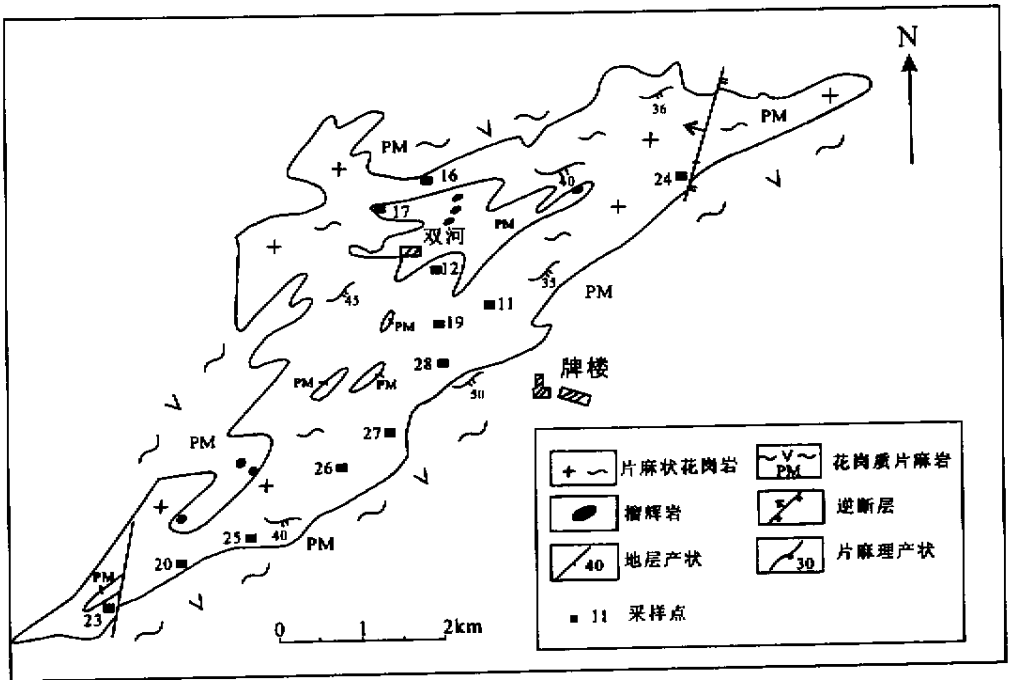


图 2 大别山双河岩体地质简图 (据安徽地矿局, 1996)

Fig.2 Simplified geological map for Shuanghe gneissic granite in Dabie

双河岩体岩性均一, 各部位变质程度较为一致, 构造简单, 加之一般岩体边缘部位变形程度较强, 中心部位变形较弱, 因此, 采样点就较为均匀地散布在岩体近边缘部位 (8 个样) 和内部 (3 个样)。这样, 所取的样品既避开了强变形域又能够较好地反映出岩体变形特点和应力状态。为了便于对比分析, 所有样品薄片切制为水平定向片; 采用普通费氏台测定; 每个定向薄片测定石英颗粒数为 150~170 (图 3)。

通过对比发现, 12 个石英组构图的对称性为单斜对称和三斜对称, 主要发育极密和小圆环带两种优选方位形式。最大极密值集中于 5%~6% 区间, 极密的方位沿 NW—SE 向和 NE—SW 向分布, NE—SW 向的极密值要略大于 NW—SE 向。根据矿物组构的晶体滑移模式可知, 石英在挤压应力作用下 (低温、高应变速率), 发生晶内滑移 (位错滑移和双晶滑移) 而产生优选方位, 不同的滑移系对应不同的组构形式和变形环境。例如石英在高温状态下为柱面滑动, 柱面滑移系起作用, 大圆环带的法线方向指示挤压方向; 在中温下为菱面滑动, 以小圆环带中心指示挤压方位; 在低温下低面滑移系起作用, 极密指向压缩方向。以此分析, 石英岩组的极密点、小圆环带中心与最大挤压力方向一致^[20 21]。从双河岩体的石英组构图来看, 岩体可能经过 NW—SE 向和 NE—SW 向两次挤压变形。同时由于极密值的大小与岩石的应变量有关, 最大极密值反映岩体的变形程度, 双河岩体的石英组构的极密值显示出岩体的变形程度较强。组构图中的小圆环带以水平为特点, 说明石英矿物有 c+g 型滑动, 岩体在垂向上有挤压变形, 反映出岩体侵位后的垂向上的受力状态; 由于小圆环带半开角与温度有关, 半开角在 20°~35°, 推断其变形温度在 600°±^[22], 较好地印证了同位素年代学和稳定同位素的研究结论。

同时, 对部分样品的黑云母 (001) 解理极点进行了测量。每一薄片测定黑云母颗粒数为 60~80, 极点的极密值较高, 在 7%~13% 区间。结果分为截然两组, 一组极点分布特点为 NW—

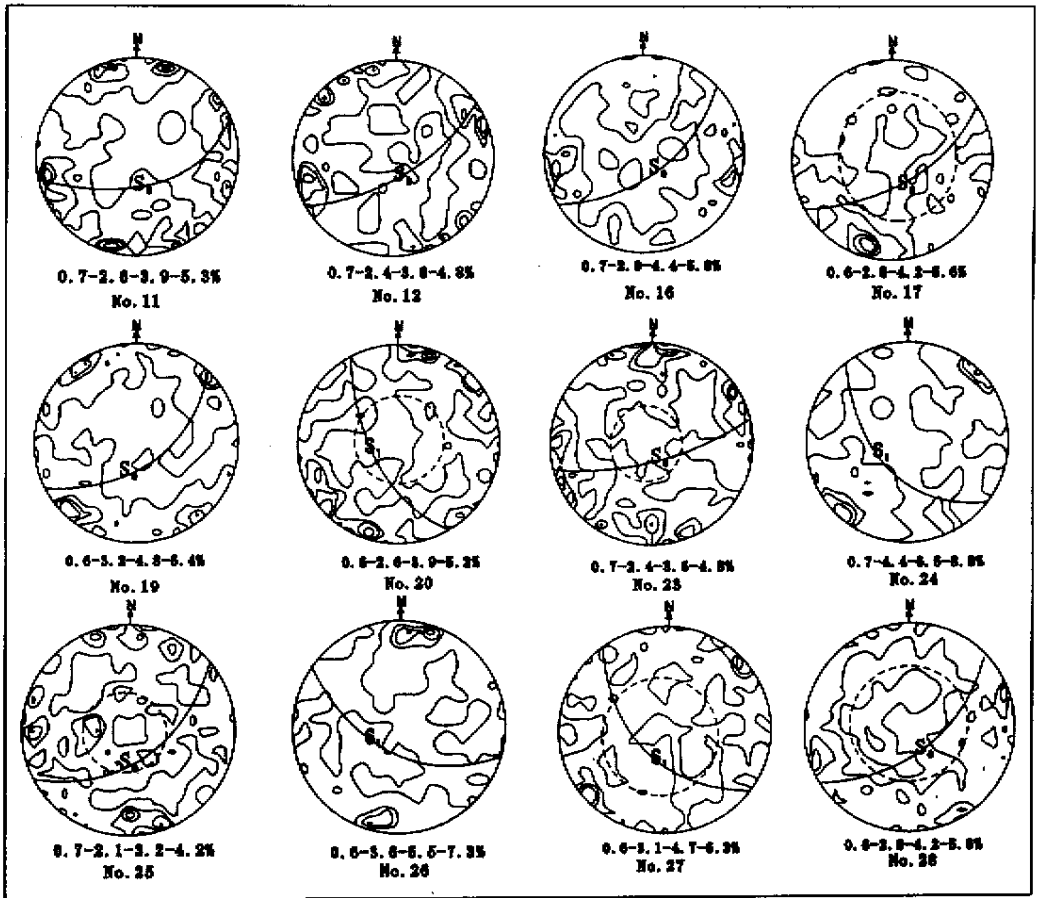


图3 双河岩体石英C轴组构图

Fig.3 Quartz c-axis fabric diagrams for Shuanghe gneissic granite

图中虚线为小圆环带, S_0 、 S_1 为面理

SE向,另一组极点分布特点为NE—SW向。由于片状矿物在挤压应力状态下总是力图将扁平面向平行与挤压面的方位,其光轴(即片状矿物的法线方向)趋近于压应变方向。这样,黑云母的(001)平均方位就总是垂直于最大压缩方向^[20 22]。

由此可以推断,双河岩体发育有两组面理,第一组面理(S_0)倾向为SE,与区域面理一致;第二组面理(S_1)倾向为SW。结合石英C轴组构和镜下观察可知,在岩体中石英矿物普遍以波状消光为特征,因此, S_0 发育程度应大于 S_1 ,显示出岩体具有同构造变形特点。由于第一组面理(S_0)与区域面理一致,应为同构造变形面理,反映了岩体侵位时变形特点,第二组面理为固态流动挤压面理,反映了后期应力场特点。

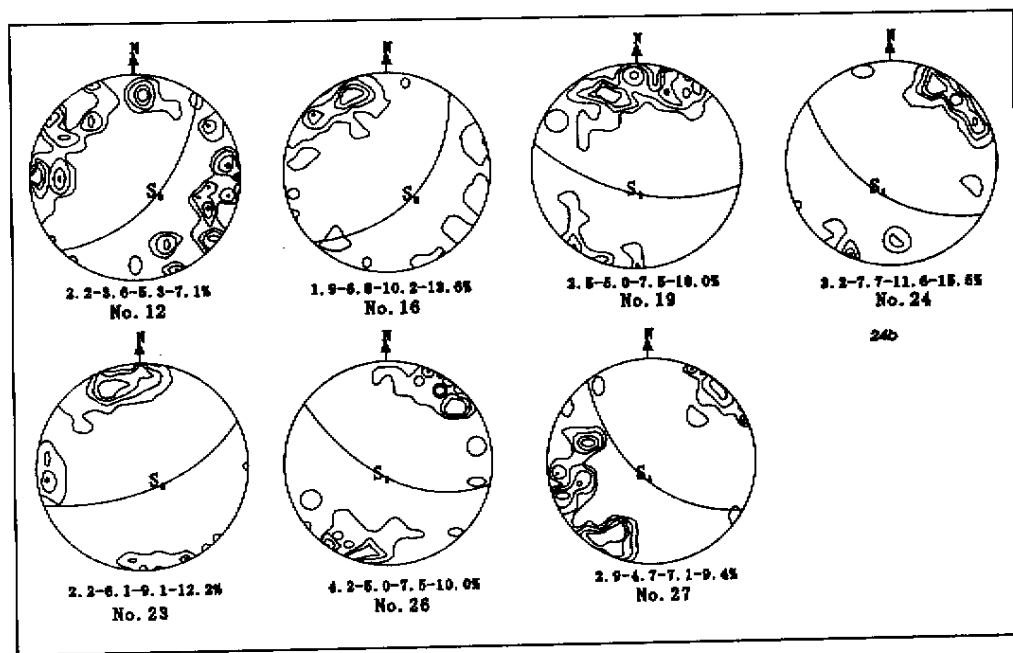


图 4 双河岩体黑云母 (001) 解理极点图

Fig.4 Biotite(001) cleavage fabric diagrams for Shuanghe gneissic granite

选取典型样品 (No.16, No.19, No.20, No.26) 进行石英矿物的三维应变分析, 采用 Fry 法^[23]进行测量, 结果见表 1。应变长轴 (a 轴) 均为 NE—SW 向, 将 a/b、b/c 值取对数后投入 Flinn 图解, 发现样品 (No.19, No.20, No.26) 投在压扁应变区, 样品 No.16 投在平面应变线上。说明双河岩体在侵位过程中和后期造山带演化过程中处于挤压状态, 挤压方位以 NW—SE 向为主。

表 1 双河岩体石英颗粒应变分析结果

Table 1 The analytic consequence of quartz strain for Shuanghe gneissic granite

样品	a/b	b/c	a:b:c	主轴(a 轴)产状
No.16	1.6	1.6	2.65:1.59:1	40°∠2°
No.19	1.69	1.8	3.1:1.83:1	45°∠44°
No.20	1.35	1.7	2.28:1.69:1	40°∠2°
No.26	1.16	1.17	1.33:1.17:1	25°∠33°

4 结论与讨论

通过对双河片麻状花岗岩体的石英 C 轴组构和黑云母 (001) 解理极点的测量, 以及石英矿物的三维应变分析, 结果表明:

(1) 徐树桐等人^[18,19]对双河地区榴辉岩和片麻状花岗岩 (变质花岗岩) 进行构造研究后认为, 榴辉岩早期变形是在挤压体制下, 片麻状花岗岩的侵位对榴辉岩未产生干扰, 片麻状花岗岩的构造变形只记录了榴辉岩的后期变形特点。而从双河岩体石英组构、黑云母 (001) 解理组构及石英矿物的三维应变分析看出, 片麻状花岗岩的石英组构形式与焦述强等人^[24]所做双河地区榴辉岩石英组构形式类似, 而且岩体面理产状与榴辉岩面理产状近似一致, 均为 SE 向。因此可以这样认为, 超高压变质作用与岩体侵位可能近于同期, 双河岩体具有同构造侵入体特点;

(2) 双河岩体在侵位和后期演化过程中以挤压变形为特点, 岩体经过 NW—SE 向和 NE—SW 向两次挤压, NW—SE 向挤压强度较大, 其主构造样式形成于印支期, 并经历燕山期 (尤其是燕

山早期)的改造。这为高-超高压变质带后期(尤其是榴辉岩相后期)的构造演化和应力场特征分析提供了显微构造证据;

(3) Schmid 等人^[25]在研究下扬子板块区域变形(主要为巢湖、铜陵区域)特点后得出结论:早三叠世至早侏罗世区域应力场以 NW—SE 向挤压为主,中侏罗世及后期应力场发生顺时针变化,以 NNE—SSW 向挤压为主。双河岩体毗邻该区域,应力状态变化与此较为吻合,应力场同样发生顺时针变化。

在研究和成文过程中,得到了杨巍然、金淑燕、曾广策、马昌前等教授的悉心指导和帮助,在野外工作和室内整理中,还受到续海金和王永峰同志大力协助,在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 徐树桐,江来利,刘贻灿,等. 大别山东段高压变质岩中的金刚石 [J]. 科学通报, 1991, 36 (17): 1318 ~ 1321.
- [2] 从柏林,王清晨. 大别山苏鲁超高压变质带研究的最新进展 [J]. 科学通报, 1999, 44 (11): 1127 ~ 1141.
- [3] 徐佩芳,孙若昧,刘福天,等. 扬子板块俯冲、断离的地震层析成像证据 [J]. 科学通报, 1999, 44 (15): 1658 ~ 1661.
- [4] Hacker B R, Ratschbacher L, Vebl L E, et al. Exhumation of ultrahigh-pressure continental crust in east central China: Late Triassic-Early Jurassic tectonic unroofing [J]. J. Geophysical Res, 2000, 105 (B6): 13339 ~ 13364.
- [5] 李曙光,李慧民,陈移之,等. 大别山苏鲁地体超高压变质年代学-II, Sm-Nd 同位素体系 [J]. 中国科学, 1997, 27 (3): 200 ~ 206.
- [6] 郑永飞,傅斌,肖益琳,等. 大别山榴辉岩氢氧同位素组成及其地球动力学意义 [J]. 中国科学 (D), 1996, 27 (2): 121 ~ 126.
- [7] 聂永红,李曙光. 大别山同碰撞镁铁超镁铁岩侵入期的 Sm-Nd 年龄及其地质意义 [J]. 科学通报, 1997, 42 (10): 1086 ~ 1088.
- [8] Bor-ming J, Wu Fuyuan, Lo Ching-hua, et al. Crust-mantle interaction induced by deep subduction of the continental crust: geochemical and Sm-Nd isotopic evidence from post-collision mafic-ultramafic intrusions of the northern Dabie complex, central China [J]. Chemical Geol, 1999, 157: 119 ~ 146.
- [9] 郑晋福,戴圣潜,吴宗絮,等. 大别造山带岩石学结构和热结构及其地质意义 [J]. 地质学报, 2000, 74 (3): 206 ~ 215.
- [10] 索书田,钟增球,游振东. 大别-苏鲁超高压-高压变质带伸展构造格架及其动力学意义 [J]. 地质学报, 2001, 75 (1): 14 ~ 24.
- [11] Vigneresse J L. Should felsic magmas be considered as tectonic objects, just like faults or folds? [J]. J. Struct. Geol. 1999, 21: 1125 ~ 1130.
- [12] 马昌前,杨坤光,唐伸华,等. 花岗岩类岩浆动力学-理论方法及鄂东花岗岩类例析 [M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1994, 70 ~ 81.
- [13] Steenken A, Siegesmund S, Heinrichs T. The emplacement of the Rieserferner Pluton (Eastern Alps, Tyrol): constraints from field ob-

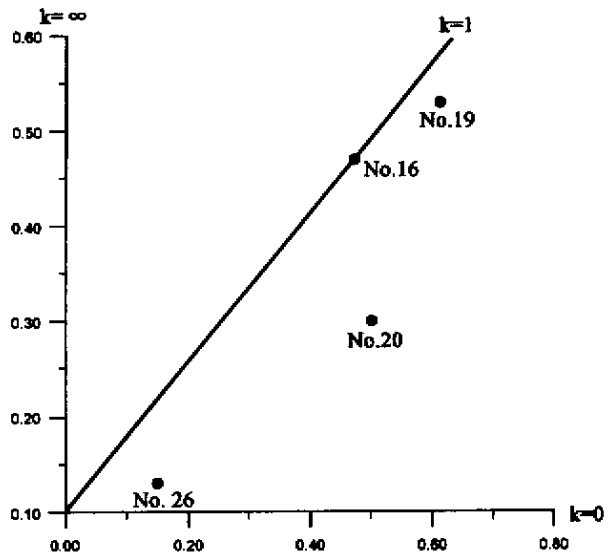


图 5 双河岩体石英颗粒应变测量的 Flinn 图解
Fig. 5 The Flinn map of quartz strain measurement for Shuanghe gneissic granite

- servations, magnetic fabrics and microstructures [J]. *J. Struct. Geol.* 2000, 22: 1855 ~ 1873.
- [14] 傅斌, 郑永飞, 王峥嵘, 等. 大别山双河片麻岩氩氧同位素特征及其变质地球化学意义 [J]. *岩石学报*, 1997, 13 (4): 451 ~ 472.
- [15] 陈道公, 李彬贤, 夏群科, 等. 大别山超高压碰撞造山带岩石 U/Pb 同位素框架年代学 [J]. *矿物岩石地球化学通报*, 2001, 20 (4): 253 ~ 255.
- [16] 吴元保, 陈道公, 夏群科, 等. 大别山双河地区花岗质片麻岩锆石的离子探针定年 [J]. *矿物岩石地球化学通报*, 2001, 20 (4): 298 ~ 301.
- [17] 方中, 徐士进, 王汝成. 大别山超高压变质带花岗岩两期变质作用和造山带抬升的年代学证据 [J]. *矿物岩石地球化学通报*, 2001, 20 (4): 256 ~ 258.
- [18] 徐树桐, 吴维平, 苏文, 等. 大别山东部榴辉岩带中的变质花岗岩及其大地构造意义 [J]. *岩石学报*, 1998, 14 (1): 42 ~ 58.
- [19] 徐树桐, 刘贻灿, 苏文, 等. 大别山超高压变质带面理化榴辉岩中的变形石榴石的几何学和运动学特征及其大地构造意义 [J]. *岩石学报*, 1998, 15 (3): 321 ~ 337.
- [20] 刘瑞. 显微构造地质学 [M]. 北京: 北京大学出版社, 1988. 173 ~ 191.
- [21] 杨坤光, 姚淑梅, 马昌前. 大别山地区花岗岩体石英 C 轴组构分析及其意义 [J]. *地质科技情报*, 1999, 18 (1): 29 ~ 32.
- [22] 郑伯让, 金淑燕. 构造岩岩组学 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1989, 138 ~ 140.
- [23] 郑亚东, 常志忠. 岩石有限应变测量及韧性剪切带 [M]. 北京: 地质出版社, 1985, 80 ~ 103.
- [24] 焦述强等. 大别山超高压岩石中的石英组构和变形 [J]. *长春科技大学学报*, 2001, 31 (1): 32 ~ 35.
- [25] Schmid J C, Ratschbacher L, Hacker B R, et al. How did the foreland react? Yangtze foreland fold-thrust belt deformation related to exhumation of the Dabie Shan ultrahigh-pressure continental crust (eastern China) [J]. *Terra Nova*, 1999, 11 (6): 266 ~ 272.

FABRIC FEATURES OF QUARTZ AND STRAIN ANALYSIS ON GNEISSIC GRANITE PLUTON IN SHUANGHE, DABIE

LIU Qiang¹, YANG Kun-guang²

(1. Graduate School, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

2. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China.)

Abstract: Systematic measurements are made respectively on the quartz C-axis fabric, biotite (001) cleavage fabric and 3-D strain analysis by quartz for gneissic granite in Shuanghe, Dabie. The results show that Shuanghe gneissic granite pluton is characterized by compression during its emplacement and the subsequent evolution, and it has been compressed along NW-SE and NE-SW orientation, with the NW—SE orientation more strongly compressed, which develops the fundamental structure pattern of the pluton. Combining with the regional stress fields, the Shuanghe pluton recorded the Early Triassic and Early Jurassic NW—SE compression, Middle Jurassic and later NE—SW compression. Stress fields show a clockwise change of compression directions.

Key words: quartz C-axis fabric; strain measurements; gneissic granite; Shuanghe pluton; Dabie Shan