

文章编号: 1009-6248(2004)02-0019-06

利用变形花岗岩体中的长石矿物 进行有限应变测量初探

王云斌¹, 梁明宏², 霍勤知², 魏振伟²

(1. 甘肃省地质调查院, 甘肃 兰州 730000; 2. 甘肃省地勘局
第三地质矿产勘查院, 甘肃 兰州 730050)

摘 要: 岩石有限应变测量的方法较多, 相比之下, “长短轴法”最简单、快捷, 野外易于操作, 但是对所选的对象变形前要求近圆形, 或者椭圆形, 且随机分布。花岗岩区很难找到满足此条件的颗粒。在《1:25 万玉门镇幅》调研的过程中, 试以长石颗粒为研究对象, 进行长短轴法变形测量, 将其结果与相邻变形砾石、杏仁体和包体测量结果进行对比, 发现它们具有相似的应变椭圆轴率, 证实在变形花岗岩区可以用变形长石颗粒研究区域变形的特点。

关键词: 变形花岗岩体; 长短轴法; 有限应变

中图分类号: P588.12⁺1, P578.968

文献标识码: A

岩石有限应变测量的方法较多, 如几何作图法、莫尔圆法、长短轴法、 R_f/ϕ 法及 θ 曲线法等, 但是最为简单方便、直观, 又易于野外操作的数“长短轴法”。此种方法系 Closs (1947) 和 Ramsay (1967) 先后提出, 主要是利用原始球形或近球形标志体来测量应变, 如鲕粒, 有孔虫, 火山岩中的球粒、气孔, 板岩中的还原斑, 角岩中的重结晶斑点, 及其近共轴状的结核等, 因这些标志体很少是完好的球体, 所以要考虑到形态的不规则性, 但只要这种形态的不规则在任意方向上是随机的, 就可以通过大量观测数据 (一般要求 30~40 个, 多则 50 个), 取其平均值, 来消除这种不规则性^[1-2]。花岗岩区缺乏上述典型的标志体, 局部仅偶见包体, 且分布不均, 故不能作为可靠的标志对象, 而多见石英、长石晶体。石英晶体原始形态一般呈等轴状, 但在区域剪切应力下易动态重结晶, 不适合野外“长短轴法”测量。长石晶体与其他晶体一样, 系岩浆在温度、压力等条件改变时, 结晶形成的产物, 其

形成和生长都具有一定的规律性, 即长、宽、高有一定的比例。如斜长石的晶轴之比, 除培长石和低温钙长石 ($a:b:c=8:12:7\times 2$) 之外, 其余长石包括高温钠长石、低温钠长石、更长石和中长石 (高温) 的晶轴比一般为 $a:b:c=8:12:7$ ^[3]。它们虽然不是圆形, 但若粒度较小时, 可近似看成椭圆形, 在冷凝过程中, 如果不受任何外力, 其排列是随机的, 这仅是一种的理想状态, 一般地, 岩体上升就位, 总是受到围岩静压力或自身流动营力等因素的影响, 在岩体的边部常常形成流面和流线构造, 使长石颗粒定向排列呈条带或环带状, 若经过后期韧性变形, 露头上常表现为不均匀的变形形迹和构造组合样式。故在选取露头时, 尽可能选在变形岩体的内部或野外, 认为属变形均一的岩体中的长石作为研究对象, 才符合“长短轴法”测量变形的条件。

1 应变测量对象的选取

收稿日期: 2003-06-23; 修回日期: 2004-02-06

基金项目: 中国地质调查局 1:25 万玉门镇区域地质调查 (项目编号: 200213000021)

作者简介: 王云斌 (1973-), 男, 甘肃清水县人, 工程师, 长期从事区域地质调查工作。

本次研究对象主要选 7 号剖面 17 层细粒二长花岗质糜棱岩和 14 号剖面 1 层中细粒花岗闪长质糜棱岩的变形长石斑晶。前者露头宽约 30 m, 手标本浅灰色, 斑状结构, 露头多见长石的 σ 旋斑, 且定向、拉长, 主要成分: 石英 20% $\pm$ 、斜长石 40% $\pm$ 、钾长石 35% $\pm$, 长石自形粒状。南北围岩分别为灰色二云石英片岩夹含榴二云片岩及少量薄层状变石英砂岩和灰色薄层状细晶大理岩夹灰色含榴二云片

岩(图 1)。侵入体两侧与围岩接触面在区域应力下已强行一致, 界面平整。糜棱面理、线理发育。糜棱面理与围岩片理一致或小角度相交。后者南北出露宽约千米, 岩石手标本呈灰绿色, 风化后呈灰褐色, 岩石较破碎, 长石多呈 σ 旋斑, 北界与深灰色二云石英片岩断层接触, 南界与黑云石英片岩接触面已强行一致(图 2), 糜棱面理发育、线理不太发育, 与围岩片理产状相同, 可能属同一构造事件的产物。

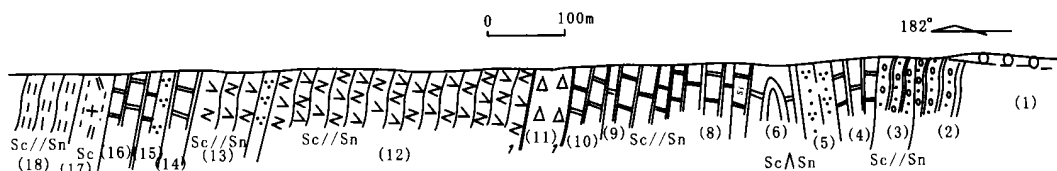


图 1 7 号剖面示意图

Fig. 1 No. 7 section sketch map

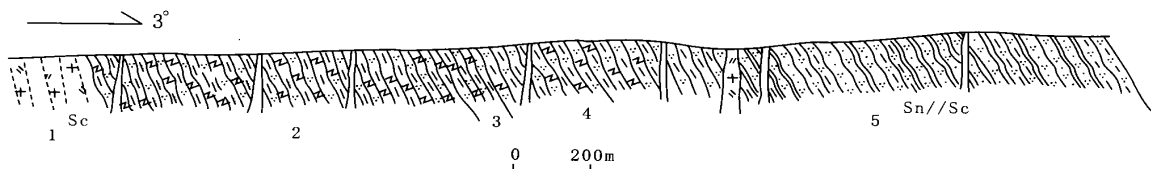


图 2 14 号剖面示意图

Fig. 2 NO. 14 section sketch map

2 具体量测方法简述

在野外发生较均匀的韧性变形的花岗岩露头上, 选取两个相互垂直或近似垂直的截面(一般是节理面或风化断面), 与糜棱面理走向一致的面为 XY 面, 与糜棱面理走向垂直的为 XZ 面(X、Y、Z 分别代表变形颗粒的长、中、短轴), 在各自平面上用三角板或直尺直接量取变形长石斑晶的长短轴的长度(注意在 XY 面上, 长轴始终为 X 轴, 短轴为 Y 轴, 垂直 XY 面的为 Z 轴), 分别列表记录结果, 每一组数据最少要随机不重复测量 30 个以上。

3 测量结果及对比分析

为了验证选用长石斑晶长轴法有限应变测量的可行性, 各自在 7 号剖面第 3 层变质含砾粗砂岩中

选用砾石和 9 号剖面 3 层变火山岩中的变形杏仁体作为研究对象(图 3), 分别与 7 号剖面 17 层和 14 号剖面 1 层进行校正。由于 7 号剖面 3 层与 17 层的围岩有相同沉积环境和变形特点, 同属浅海陆棚相, 因此砾石的磨圆度高且随机分布, 对有限测量极为有利, 而且误差较小。本次在 7 号剖面第 3 层和 17 层随机选取 50 组变形砾石, 56 组变形长石斑晶, 分别测量垂直倾向 XZ 面、走向 YZ 面上的 X、Y、Z 轴长度, 其结果见表 1。

从表 1 可以看出, 7 号剖面中所选对象的对应长轴、中间轴、短轴的尺寸径庭, 同时也不成比例, 但是它们间有相近的弗林指数 0.33 和 0.31, 说明有相同的剪切性质和变形特征, 即以压扁变形为主。通过对随机选取的 50 组砾石和 56 组长石斑晶在糜棱面理走向和倾向截面上的测量数据投影于以长轴为纵轴、短轴为横轴的坐标系中, 过原点作最适合的直线求得斜率(图 4), 即为测量面上应变椭圆的

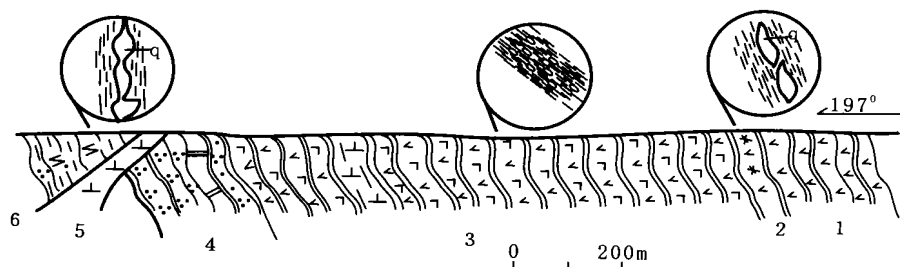


图 3 9 号剖面示意图

Fig. 3 No. 9 section sketch map

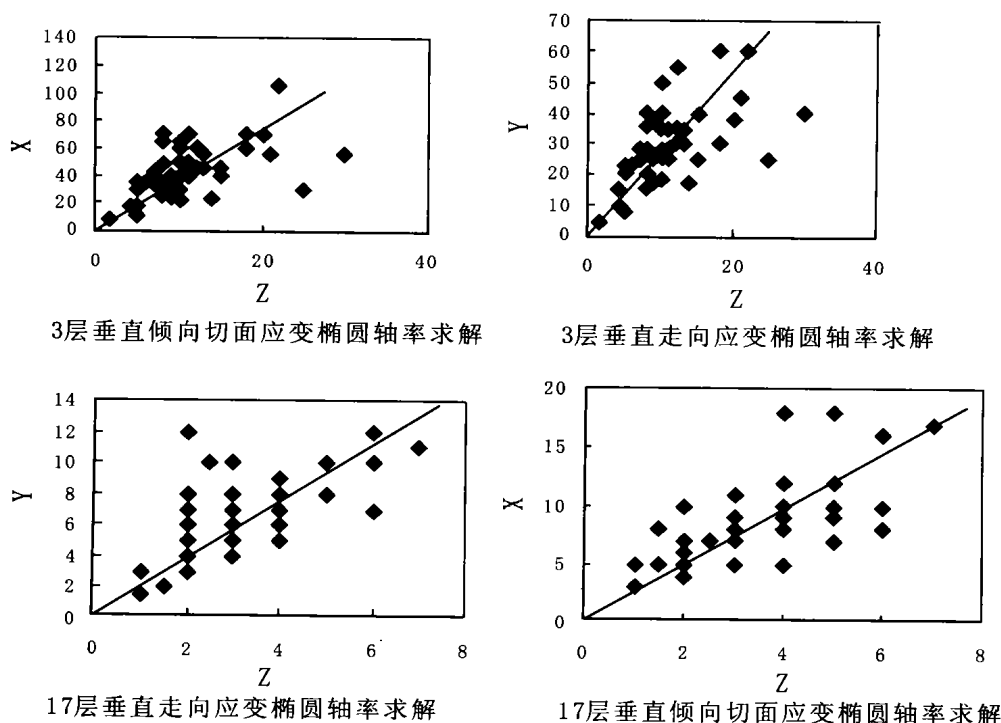


图 4 7 号剖面应变椭圆轴率求解图

Fig. 4 The evaluation figure of No. 7 deformation elliptic axis

轴率。结果在 3 层的砾石中, 求得近平行糜棱面理走向的轴率为 $R_{S1} = 3.7$, 垂直糜棱面理走向的轴率为 $R_{S2} = 2.76$; 在 17 层的变形长石斑晶中近平行糜棱面理走向的轴率为 $R_{S1} = 2.5$, 垂直糜棱面理走向的轴率为 $R_{S2} = 1.875$, 由于 $\frac{R_{S1}'}{R_{S1}} = \frac{3.7}{2.5} = 1.48$, $\frac{R_{S2}'}{R_{S2}} = \frac{2.76}{1.875} = 1.47$, 有 $\frac{R_{S1}'}{R_{S1}} \approx \frac{R_{S2}'}{R_{S2}}$, 即二者有相似的应变椭圆体, 说明是在相同的应力作用下形成的, 只是标

志体在初始颗粒大小和能干性有差异。因此, 在作有限应变测量时, 此处可以用长石颗粒来作, 其效果与砾石等标志体相近。同样, 把野外观察认为处于同一韧性剪切带上的 14 号剖面 1 层变形花岗闪长岩中的高角度斜交糜棱面理走向和倾向截面上的 35 组长石斑晶测量结果, 与 9 号剖面 3 层变火山岩中的 36 组变形杏仁体的相应测量结果进行对比 (表 1), 发现有相近的变形轴率 (变形长石斑晶高角度斜交糜棱面理走向和倾向的轴率分别为 1.5 和 2.5;

表 1 测区所选对象有限应变测量数值及计算分析结果对比表

Tab.1 Contrast of study objects limit deformation measurement with compute-analysis conclusion

测量地点			7 号剖面 3 层	7 号剖面 17 层	14 号剖面 1 层	9 号剖面 3 层
测量对象			变形砾石	变形长石晶体	变形长石晶体	杏仁体
统计颗粒数			50	56	35	38
产 状	面理产状	倾伏向	185	195	215	360
		倾伏角	85	75	70	70
	线理产状	倾伏向	95	105	120	350
		倾伏角	80	65	15	50
统 计 及 诸 结 果	X 轴（mm）	几何平均值	38.0	7.9	7.3	9.8
		调和平均值	32.9	7.4	6.3	9.3
	Y 轴（mm）	几何平均值	25.5	6.1	3.5	4.8
		调和平均值	21.6	5.5	3.3	4.5
	Z 轴（mm）	几何平均值	9.6	2.9	2.2	3.4
		调和平均值	8.2	2.6	2.1	3.0
	弗林指数（K）	几何平均值	0.30	0.27	1.83	2.49
		调和平均值	0.33	0.31	1.55	2.01
	应变轴率	X 轴	3.7	2.5	2.5	2.33
		Z 轴	2.76	1.875	1.5	2.0
剪切带性质			压扁变形	压扁变形	右行走滑剪切	右行走滑剪切
线理发育情况			线理不发育	线理不发育	线理发育	线理发育

变形杏仁体的相应轴率分别为 2.0 和 2.33 (求解方法同图 4) 及剪切带特征均与野外观察到的剪切带性质相吻合。其轴率及弗林指数的差异主要在于变形花岗闪长岩在测量过程中未能垂直糜棱面理走向和倾向及岩石的能干性差异所致。因此, 若选取垂直面理走向、倾向的截面来测量, 或者将斜交截面校正后求解, 其轴率的差异会大大降低, 故可以选用长石的变形特征来替代火山岩中的气孔、杏仁体的应变结果。此外, 在玉门镇东的中粒花岗闪长岩质糜棱岩中, 测得沿糜棱面理走向上的细粒闪长质糜棱岩包体的长短轴之比为 1 1.6~ 1 2.0; 变形长石的长短轴之比为 1 2.5~ 1 4.0, 二者差异较大, 系包体测量数目少而产生较大随机误差所致, 随着测量数目的增多, 二者间会趋于一致。因此, 可以用变形长石的长短轴法来替代包体进行有限应变测量及韧性剪切带性质的研究。

4 误差分析

Dunnet^[4]等曾指出: 应变分析的精度决定于标

本的数目, 标志体的初始形态, 颗粒的初始和最终的方位 (θ Φ) 和应变的大小。而且Matthews 等 (1974)^[5]和 Shimamoto 等 (1976) 得到下式:

$$N_{min} = 4\alpha (ri) / (\sum R_s)^{2[6]}$$

式中: ri——某一椭圆代数分量的方差, α——显著性水平, $\sum R_s$ ——某一百分误差, N_{min} ——所需标志体的最小数量。其计算结果见表 2。

表 2 标志体测量数与误差的关系

Tab.2 The relation of the study objects quantity with errors

测量数	13	24	53	212	5308
百分误差	20	15	10	5	1

从表 2 可看出, 误差与测量数目的多少有明显的直接关系。因此, 要减小误差, 需测量大批的数值。本次测量数目一般在 35~ 53 个左右, 其误差率约为 10%~ 15%。但是, 对于特定的测量方法, 误差具有相应的制约因素。如“长短轴法”, 误差主要来源于测量数目, 测量对象的初始形态, 选用的露

头截面是否有代表性, 在数据投点求作椭圆变形轴率 (即最适合直线的斜率) 的可信度和在测量过程中产生的偶然误差。后者可随测量数目的增多而消除掉, 前者虽不能完全消除, 但可有意减小。如在用“长短轴法”测量时, 尽量选取近圆形的颗粒或随机分布的圆形颗粒, 尽量选在垂直糜棱面理长轴走向和平行长轴走向的节理或劈理面上 (注意选取的颗粒与基质间无韧性差)。在求取长-短轴斜率图上, 直线尽量通过较多的点, 不在直线上的点尽量均匀分布在直线两侧, 然后再求取斜率。这样可有效降低误差。

5 结论

利用“长短轴法”进行有限应变测量简单、方便、快捷, 而且直观, 象几何作图法、 R_f/ϕ 等法很多计算过程及繁杂的图解, 但其对选取的测量对象要求必须是球形或近球形, 在野外某些地区很难满足条件, 如在花岗岩发育区, 缺少鲕粒, 有孔虫, 火山气孔、结核、砾石等标志体。但是, 通过以上的变形长石斑晶与砾石、杏仁体、包体测量分析结果对比看, 利用长石斑晶也可获得较满意的效果。从理论上讲, 短柱状的长石比板柱状的长石更接近圆形。因此, 选用前者效果更佳, 但实际上, 野外很难对板柱状和短柱状的长石区分, 况且变形后更难。所以无法只获取短柱状长石变形后的资料。但是长石晶体在不受外力情况下的结晶形态及晶体的排列方式是随机的, 故可通过多测量长石斑晶的长短轴来减小其不同形态带来的误差。但是在测量过程中, 最好是选取平行糜棱面理走向和倾向的截面。

花岗岩区劈理、节理一般较发育, 相互垂直的截面多见, 若实在很难找到满足条件的截面, 可以用斜交的截面来代替, 其会与主截面 (垂直糜棱面理的走向、倾向的截面) 间存在夹角, 测量出夹角的数值后, 将测得长短轴的结果投影在主截面上求得相应数值, 然后再用长短轴法来进行求解弗林指数, 这样无形中增加了测量过程中的偶然误差的来源, 但经多次测量, 可将其消除。因此, 在变形花岗岩发育区, 可以用长石的“长短轴法”来作有限应变测量, 求得应变椭圆轴率大小及方向, 定性定量地研究韧性剪切带的性质。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 单文琅, 宋鸿林, 傅昭仁, 等. 构造变形分析的理论方法和实践 [M]. 武汉, 中国地质大学出版社, 1991.
- [3] 南京大学地质学系岩矿教研室. 结晶学与矿物学 [M]. 北京: 地质出版社, 1978.
- [4] Dunnet D. A technique of finite strain analysis using elliptical particles [J]. Tectonophysics Vol. 7, No. 2, pp. 117-186, 1969.
- [5] Matthews P E, Bond R A B and Van Den Berg J J. An algebraic method of strain analysis using elliptical markers [J]. Tectonophysics, Vol. 24, no: H2, 31-67, 1974.
- [6] Shimamoto T and Ikeda Y. A simple algebraic method for strain determination from deformed elliptical objects-I. Basic theory [J]. Tectonophysics Vol. 36, no. 4, pp. 315-337, 1976.

The study of the limit deformation measurement with deformation feldspar in granite areas

WANG Yun-bin¹, LIANG Ming-hong², HUO Qin-zhi², WEI Zheng-wei²

(1. Gansu Institute of Geological Survey, Lanzhou 730000, China; 2. No. 3

Institute of Geology and Mineral Exploration, Gansu Provincial Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Lanzhou 730050, China)

Abstract: Long-short axis is one of the most simple, prompt and operational methods among the limited

deformation methods in outdoors . It requires studies as a circular section or circular section of strain ellipsoid and normal distribution before their deformations . But it is difficult to find the criterion particle in granite areas . In the 1:250000 regional geological mapping of Yumenzhen, the authors studied deformation feldspar by long-short axis measurement method , compared with the deformation gravel , deformation amygdale , deformation relict long-short axis measurement , then found the both measurements were similar to deformation axis . It has been proved that deformation feldspar can be studied as to an area deformation characteristic of Yumenzhen .

Key words: deformation feldspar; long-short axis; limited deformation

矿产新秀: 电气石

矿产的范围随着经济技术条件的发展而改变,有些过去不能利用的矿物岩石,现在却成为了工业矿产,电气石就是其中之一。

以前,电气石矿物一直作为宝石矿物被利用,其非宝石应用研究始终未被认识,致使大量的不能作宝石的电气石资源得不到开发利用,或者仅作为研磨材料原料,或者弃之一边,甚为可惜。

近年来的研究表明,电气石也是一种工业矿物,并且在高科技领域开始得到应用。电气石的工业价值主要基于它的压电性和热电性。

在电子工业上,可用电气石作无线电工业用的波长调整器,偏光仪中的偏光片。结晶完好、无弯曲、无裂纹的电气石,可作测定空气和水中的冲压用的压电计。

在核准压电流体压力计和测试仪器时,往往采用电气石作为标准。在硼的实验中,电气石还是一种控制物质,因为它本身就是一种惰性的含硼化合物。许多科学和工业仪器使用电气石,即电气石钳,这是一个简单的实验室设备,能显示出光的偏振。因为电气石既是热电,又是压电性的,在加热或压缩时都能产生电,所以它是测量高压和流体压缩性仪器的一种部件,热剂量计是测量辐射气强度的早期的仪器,它也是依赖于电气石的热电特征。

在一项最新实用专利(CN 2358663Y)中介绍了一种有害电磁防护器制法,它由层状结构组成,第一层为电气石微粒层;第二层为胶层;第三层为塑料薄膜层;第四层也为胶层;第五层为纸层。这种防护器可防止有害电磁波侵袭人体,能将其转化为对人体无害的远红外线。它可广泛用于汽车驾驶室、电脑操作室、电弧操作车间、变电所等各处以及游戏机、电视机、微波炉、电热毯、电话和手机等多种电气设备上。

在另一项发明专利(CN 1222494A)中专门介绍了利用电气石制陶瓷球的技术。它由电气石磨成直径为6~140 μm 大小的微粒,占总重量的3%~98%;粘土占总重量的97%~2%;加水搅拌后,成型干燥烧结为直径5~50 mm 的小球。它可以增强饮用水活性或使空气中负离子增加,可广泛用于饮用水活性化,污水处理,农作物施喷水和净化空气各领域。

2004年4月电气石粉价格是1000目:6810元/吨,2000目:10310元/吨,3000目:15100元/吨,4000目:21100元/吨。

以上资料信息说明,电气石目前已经成为的工业矿产,而且是高科技领域应用的矿产新秀,具有重要经济价值。

(西安地质矿产研究所资源室 杨合群 杨建国 李文明 李英 杨林海)