

用综合的分析方法 探讨北京西山北岭向斜的成因机制

彭少梅

宋鸿林

(中国科学院地球化学研究所, 贵阳)

(中国地质大学构造室, 北京)



本文据北京西山北岭向斜的有关地质资料, 运用岩组分析、有限应变分析、递进应变分析以及弹塑性有限元模拟等方法进行综合分析, 对北岭向斜的性质、成因机制、变形历史进行了讨论。认为北岭向斜的“弯月形”的主体构造格架是形成于印支期, 在SN向的水平力的挤压下, 出现以纵弯褶皱为主并伴有压扁作用的一次递进变形。该向斜核部NE向的燕山期构造变形对该主体构造格架的改造作用甚微。本文强调指出, 应用综合分析法则全面了解褶皱成因机制的有效途径。

一、北岭向斜的地质构造特征

北岭向斜分布于北京西山周口店地区凤凰山、南窖、周口店一带, 是一个向西突出的“弯月形”构造(图1)。该向斜核部地层由早、中侏罗世陆相碎屑岩组成, 两翼地层为晚古生代的陆相、海陆交互相碎屑岩以及早古生代海相碳酸盐岩。以角度不整合面或平行不整合面所分割的中生代地层、晚古生代地层和早古生代地层是组成北岭向斜的三个构造层, 各具有独特的变形特征和变形历史^①。

北岭向斜的中、下构造层(上、下古生界)总体构成一个枢纽近EW向的“弯月形”向斜构造, 这就是北岭向斜的主体构造格架。其中凤凰山向斜、太平山向斜及南窖褶皱群的褶皱轴均为近EW向。凤凰山向斜在该主体构造格架NE向的转折端, 其北翼产状 $SW 196^{\circ} \angle 36^{\circ}$, 南翼产状 $SW 195^{\circ} \angle 77^{\circ}$, 枢纽产状 $NW 282^{\circ} \angle 29^{\circ}$, 为一轴面南倾、枢纽向东扬起的倒转向斜。太平山向斜位于北岭向斜主体格架的东南转折端, 其北翼极密产状 $SW 195^{\circ} \angle 52^{\circ}$, 南翼产状 $NE 15^{\circ} \angle 31^{\circ}$, 枢纽产状 $NW 277^{\circ} \angle 20^{\circ}$, 为一枢纽向东扬起的斜歪向斜。而南窖东西向褶皱群属于该主体格架的下构造层, 在南窖一带它偏离中构造层向西突出。据区域资料, 该主体构造格架形成于印支期^[1,2]。

由早、中侏罗世地层组成的北岭向斜的核部, 是一个轴向为NE的向斜构造(图1)。在凤凰山一带, 该核部向斜的转折端斜卧于凤凰山向斜的南翼, 说明该核部向斜是燕山期产物^[3]。

北岭向斜东侧的房山岩体在平面上近椭圆形, 在燕山期曾两次侵位于房山穹窿的同心带状膨胀型底群体(ballooning or inflating diapir)^[3,4]。房山岩体的底辟侵位作用使北岭向斜内弧(龙门口一带)地层局部变陡, 并发生局部的接触变质作用。

二、北岭向斜的有限应变分析

岩石有限应变分析对于认识岩石构造的形成机制、恢复岩石变形前的状态以及建立区域应变

① 何斌, 1987, 北京西山南窖地区剥离断层研究。武汉地质学院硕士论文。

本文1989年11月收到, 1990年9月改回, 王毅编辑。

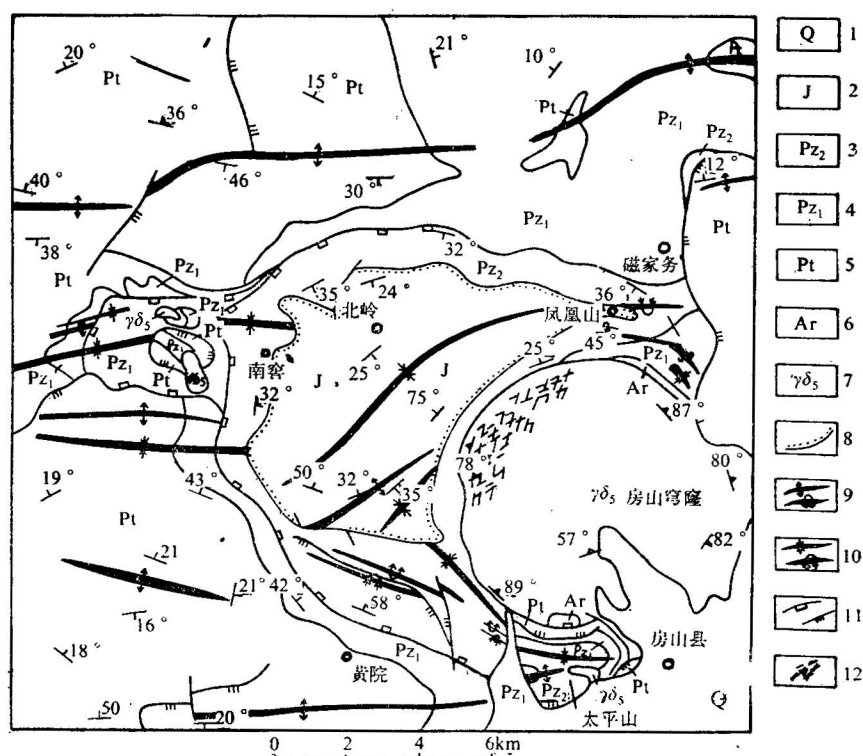


图 1 北京西山北岭向斜构造纲要图 (右侧为房山穹窿)

Fig. 1 Synoptic structural map of the Beilin syncline in the Western Hill, Beijing (right side is the Fangshan dome)

1—第四系; 2—侏罗系; 3—上古生界; 4—下古生界; 5—元古界; 6—太古界; 7—燕山期中酸性岩体; 8—不整合界线; 9—背斜及倒转背斜; 10—向斜及倒转向斜; 11—剥离断层及逆冲断层; 12—剪切带。

1—Quaternary system; 2—Jurassic system; 3—upper Palaeozoic Erathem; 4—lower Palaeozoic Erathem; 5—Proterozoic Erathem; 6—Archaean Erathem; 7—Yanshanian intermediate-acid intrusive rocks; 8—unconformity line; 9—anticline and overturned anticline; 10—syncline and overturned syncline; 11—detachment fault and thrust; 12—shear zone

场均有重要意义^[5]。在应变分析过程中, 为尽量避免对应变标志体的初始形态和取向所作的过多的人为假设, 作者根据 Rf/ϕ 统计分析法的基本原理, 编制出具有精确判断能力的统计分析计算机程序, 来确定有限应变的大小^①。这种方法可以排除应变标志体随机取向的假设, 并能提供误差方面的信息, 但条件是要知道主应变轴的方位。

对北岭向斜的有限应变测量, 主要是采用砾石和碎屑颗粒这两种应变标志体。应变标志体的碎屑颗粒一般粒径较小, 无法用肉眼直接度量颗粒长、短轴长度, 只能在显微镜下才能获得必需的应变资料。这些碎屑颗粒在本区从中石炭世到中生代的所有地层中均有分布。但砾石的分布则很不均匀, 仅在清水涧组 (C_2) 底部、上杨家屯组 (C_3-P_1) 底部、龙门组 (J_2) 及其它部分地层中出现。因此, 北岭向斜有限应变测量必须采用野外宏观 (砾石) 测量和镜下显微 (碎屑颗粒) 测量相结合, 在以显微测量为主的原则下, 共测量了三维有限应变分析砾石点11个, 定向标本 (碎屑颗粒) 45块。由于古生代、中生代的砂岩、砾岩中, 其碎屑与基质之比很高, 可达4:1, 且基质与碎屑的岩性相似 (均以石英为主), 因此可以认为碎屑与基质之间的韧性差在很多标本中

① 彭少梅、宋鸿林, 1989, 北京西山北岭向斜的有限应变分析及其意义。桂林冶金地质学院学报, 待刊。

是很小的，碎屑颗粒的变形特征可以代表岩石的变形特征^①。

对上述56个三维应变测量样本的应变值进行F检验^②，最后留取其中满足精度的35个（其中砾石样品7个，碎屑颗粒样本28个）。为了更好地了解北岭向斜不同部位的应变特征，本文采用对

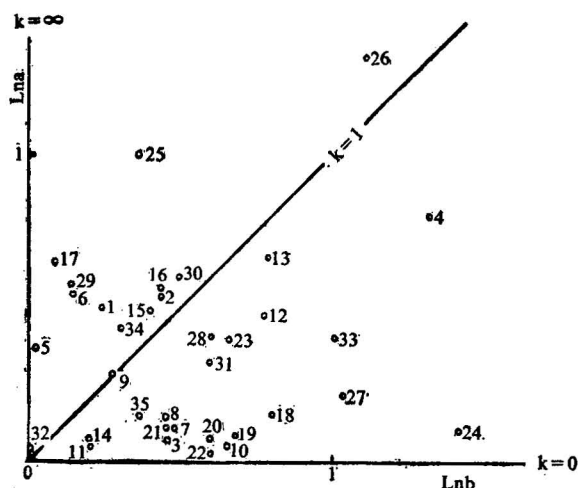


图 2 北岭向斜有限应变分析的对数付林图（图中号码参见图3）

Fig. 2 The logarithmic deformation plot of finite strain analysis in the Beilin syncline (the numbers cf. Fig. 3)

$$Lna = \ln(1 + e_1) - \ln(1 + e_2), Lnb = \ln(1 + e_2) - \ln(1 + e_3), K = Lna/Lnb$$

数付林图解^[5]以使样本点充分散开，从而可以清晰地观察其细微特征。取 $Lna = \bar{\epsilon}_1 - \bar{\epsilon}_2$ 作纵坐标， $Lnb = \bar{\epsilon}_2 - \bar{\epsilon}_3$ 作横坐标， $K = Lna/Lnb$ （其中 $\bar{\epsilon} = \ln(1 + e)$ 为自然应变），将北岭向斜的有限应变分析值投于坐标中，便得有限应变分析的对数付林图解（图2）。从图2中可以看出，北岭向斜的绝大部分样本落在 $K=1$ （此时 $K = Lna/Lnb$ ）的直线附近的上、下方（在付林图解中，这些样本点必然紧临 $K=1$ （此时 $K = (a-1)/(b-1)$ ）的直线），而且落在 $K=1$ 直线下方（压扁区）的样本数占总样本的63%。说明北岭向斜的主要应变类型为平面应变，同时更多地带有压扁的成分。

北京西山北岭向斜的有限应变型式采用赤平投影的方法^[5]（图3），同时表示应变椭球主轴的方位（X，Y，Z投影点代表应变椭球长轴、中间轴和短轴的空间方位）及其长度（投影基圆为单位圆，有向线段长度与基圆半径之比为应变椭球主半轴长度），变形程度 $r = a + b - 1$ 。从图3可得如下结论：

（1）就同一地层而言，向斜外弧中部向东西两侧，变形程度逐渐加强，在南窖、凤凰山、太平山三个转折端处达到最大值。同时，古生代、中生代地层从下到上，变形程度逐渐减弱。

（2）根据北岭向斜的应变特征，可划分出三个应变场：①印支期应变场， r 一般大于2.0，拉伸方向总体近EW向；②燕山期应变场， r 一般小于2.0，拉伸方向为NE向；③房山岩体接触带附近的应变场，拉伸方向发生局部的改变。

（3）印支期应变场的“弯月形”分布特征表明，房山穹窿这一刚性块体在北岭向斜主体构造格架形成过程中必定起着强烈的阻碍作用。

① 彭少梅、杨坤光编译，1987，应变测量方法对比分析。基础地质译丛。第1期（总第10期），第38—40页。

② 彭少梅、宋鸿林，1989，北京西山北岭向斜的有限应变分析及其意义。桂林冶金地质学院学报，待刊。

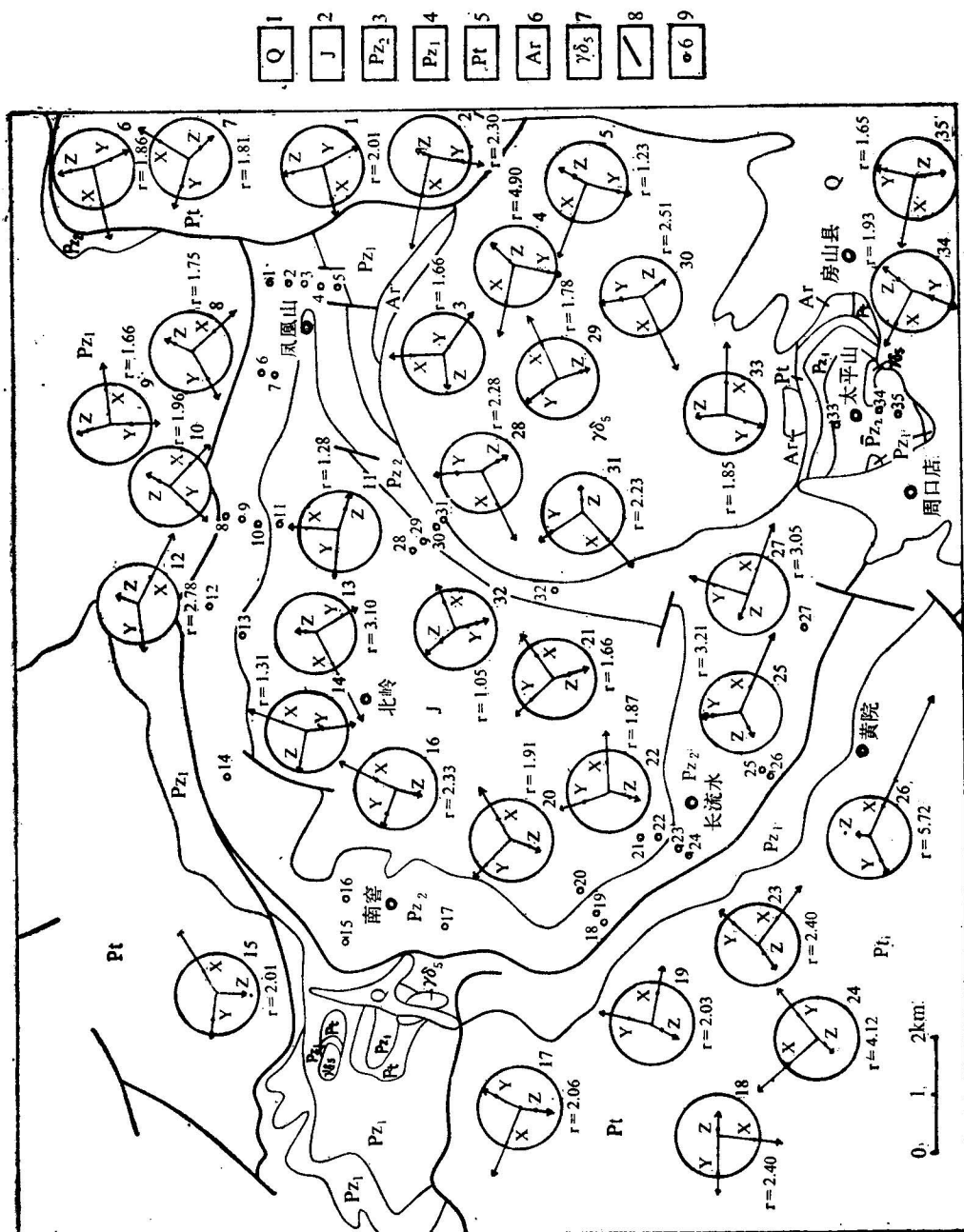


图 3 北京西山北岭向斜的有限应变型式图

(赤平投影基圆半径代表变形前球体半径, 有向线段长度代表应变椭球的主半轴长度, X、Y、Z 点代表应变轴方位, $r = a + b - 1$)

Fig. 3 The three-dimensional strain patterns in the Beilin syncline

The radius of stereographic projection circle represents the one of the unit sphere before deformation. The length of the directed line segment represents the length of major semi-axis of strain ellipsoid. X, Y, Z points are the projections of the major strain axes. $r = a + b - 1$

1—第四系; 2—侏罗系; 3—上古生界; 4—下古生界; 5—元古界; 6—太古界; 7—中酸性岩体; 8—断裂; 9—样点

1—Quaternary system; 2—Jurassic system; 3—upper Palaeozoic Erathem; 4—lower Palaeozoic Erathem; 5—Proterozoic Erathem; 6—Archaean Erathem; 7—intermediate-acid intrusive rocks; 8—fault; 9—sample locality

(4) 燕山期应变场对印支期应变场的改造作用甚小。

三、北岭向斜的递进应变分析

北京西山北岭向斜广泛分布着能反映大量递进变形信息的压力影。北岭向斜压力影构造主要分布在北岭向斜南、北两翼，而在南窖和龙门口一带，由于剥离断层的“断失”作用^①以及房山岩体的侵入破坏^[4]，较少发现压力影。压力影大小相差悬殊，大者肉眼清晰可见（约4cm），小者仅0.2cm；在平行应变椭球体XZ面上，呈眼球状外貌。此外，岩性对压力影构造的发育有明显的控制作用，压力影大多数发育在灰岩及板岩（包括粉砂质板岩）之中，粗粒碎屑岩中很少见。

北岭向斜压力影的核心矿物（centre object）绝大部分为黄铁矿的自形晶体——立方体（图4、图5）。在变质碎屑岩中核心矿物还可见为石英砾石及红柱石变斑晶。在灰岩中，核心矿物除了黄铁矿立方体外，还有由很多细小黄铁矿颗粒（ $<10\mu\text{m}$ ）组成的黄铁矿集合体，近圆形，称微球粒黄铁矿^[6]。压力影中矿物的形态全部为纤维状，纤维平直或弯曲。马家沟组灰岩压力影及部分清水涧组灰岩压力影，其纤维为方解石，其它地层的压力影纤维均为石英，这说明围岩岩性对压力影纤维的成分有明显的控制作用。同一压力影内，没有发现多种纤维状矿物共生的现象。

北岭向斜的压力影构造，均属平面应变、反向生长型同构造纤维状压力影。在纤维状矿物生长过程中，纤维矿物本身也经受了同构造的变形。具体表现有如下几个方面：①压力影纤维的波状消光程度从纤维束末端向核心矿物表面逐渐减弱，直至消失。这种现象显然不是后构造变形的结果。②在平行有限应变椭球体XZ面的切面上，从纤维束末端向着核心矿物表面，纤维束总宽度由小变大（图4）。③压力影方解石纤维的e双晶发育程度从纤维束末端到核心矿物表面逐渐减

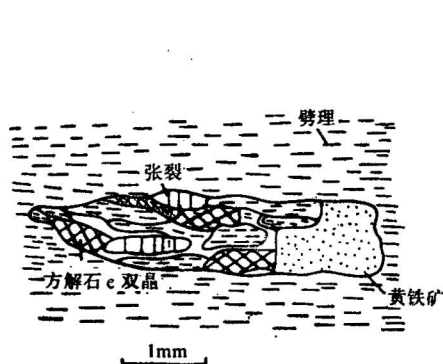


图4 本区清水涧组灰岩中方解石纤维压力影（XZ面）的构造变形特征

Fig. 4 The syntectonic deformation features of fibrous calcites in pressure shadows in Qing Shuijian Fm. limestone (XZ plane)

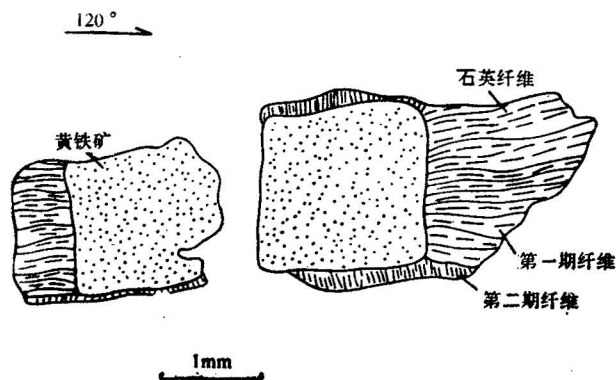


图5 本区北岭向斜印支期压力影（第一期较长纤维）和燕山期压力影（第二期较短纤维）之间关系（XY面）

Fig. 5 The relationship between the Indosinian pressure shadows (longer ones) and the Yanshanian ones (shorter ones) in the Beilin syncline (XY plane)

① 何斌，1987，北京西山南窖地区剥离断层研究。武汉地质学院硕士论文。

弱(图4)。(4)在劈理面上,纤维束宽度保持不变(图5),说明平行劈理面上同构造期的中间主应变(e_2)等于零,属平面应变类型。另外,结合压力影纤维的生长特征和区域拉伸线理的方向,可将北岭向斜的压力影划分为印支期压力影和燕山期压力影(图5)。

根据北岭向斜压力影分为印支期和燕山期,且均属同构造平面应变、反向生长及自形核心矿物不旋转的原则,在平行劈理面的切片上沿压力影纤维的生长路径,进行分段测量纤维的长度和方位^[6],然后将这些测量数据和核心矿物的半径,一并输入作者编制的纤维状压力影递进应变分析计算机程序^①。将该程序输出的结果,(即各纤维段所代表的增量主应变及其方位),按一定的方式表示于地质图上^[6],便得出了北岭向斜增量应变综合成果图(图6),从该图可得如下结论:

① 压力影所记录的印支主期的拉伸应变明显地受地层层位的控制,中石炭统清水涧组板岩的拉伸应变最大可达280%,而上、中杨家屯组板岩中的拉伸应变一般只有60—150%。

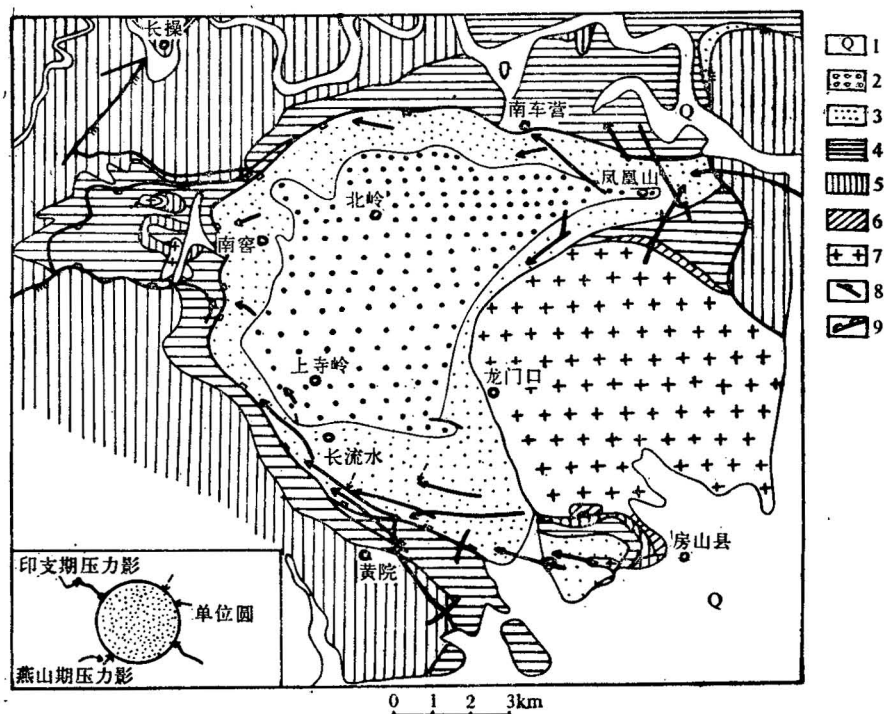


图6 本区北岭向斜压力影的增量应变构造图

(粗黑有向线段的长度和方向分别表示最大增量应变的相对大小(单位圆的比例尺)和方向,箭头示采样点和纤维生长方向)

Fig. 6 The synoptic map of the principal incremental extension patterns in the Beilin syncline based on measurements made on pressure shadows

(The length and direction of the heavy line segment represent the relative value (the radius of the unit circle is a scale bar) and direction of maximum incremental strain. Arrowheads show fiber growth directions and localities)

1—第四系; 2—侏罗系; 3—上古生界; 4—下古生界; 5—元古界; 6—太古界; 7—中酸性岩体; 8—逆冲断裂; 9—剥离断裂

1—Quaternary system; 2—Jurassic system; 3—upper Palaeozoic Erathem; 4—lower Palaeozoic Erathem; 5—Proterozoic Erathem; 6—Archaeozoic Erathem; 7—intermediate-acid intrusive rocks; 8—thrust; 9—detachment fault

② 北岭向斜北翼在印支主期拉伸, 应变方向从东到西为NW—SW, 南翼为NW向, 反映出物质质点是从两翼向转折端(南窖、凤凰山一带)运动的, 而且这种运动受地层层面的限制。

③ 南车营、黄院附近的压力影的拉伸应变方向在递进变形过程中有明显的改变。南车营压力影的拉伸应变由NW变为WNW, 黄院附近则由NW变为WNW, 后来它们分别逐渐平行于凤凰山向斜和太平山向斜的轴面, 这反映了北岭向斜主体构造形成时, 凤凰山向斜和太平山向斜由开阔到紧闭的递进变形过程。同时间接地反映了变形过程中房山穹窿的阻碍作用。

④ 纤维状压力影所记录的应变历史, 反映了在印支期近SN向水平挤压下, 本区北岭向斜发生了纵弯褶皱的变形方式, 呈现软弱岩层具有弯流的特征。

⑤ 关于燕山期NE向构造, 只在个别压力影构造中表现微弱。

四、北岭向斜的岩石组构特征

北岭向斜中、下构造层(上、下古生界)中的砾石和碎屑颗粒在其主体构造格架形成过程中发生了强烈的变形, 这种变形是通过粒内塑性变形、双晶变形和压溶等变形机制实现的^①。北岭向斜前中生代地层中的砾石(以石英砾石为主)明显地表现出压扁和拉长的特征。例如长流水东山梁清水涧组石英质砾石, 被压扁为蚌壳状, 压扁面平行劈理面; 而在垂直劈理面、平行拉伸线理的截面上, 砾石强烈拉长、定向、形成拉伸线理。另外, 北岭向斜前中生代地层普遍发育压溶劈理, 这种压溶劈理表现为砾石、碎屑颗粒在垂直劈理面(北岭向斜主体构造格架形成过程中的变形面)的方向上物质溶解迁移, 并在砾石、碎屑颗粒拉长的两端生成“胡须状”新生矿物^②。这些现象说明在北岭向斜主体构造形成过程中, 经历了较长时间的垂直层面的压扁作用。

北岭向斜主体构造南、北两翼红庙岭组石英砂岩中石英的计算机灰度等值线图^③(图7), 为斜方对称型(图7B、C、D)和单斜对称(图7A), 分别对应于垂直层面的压扁作用和顺层简单

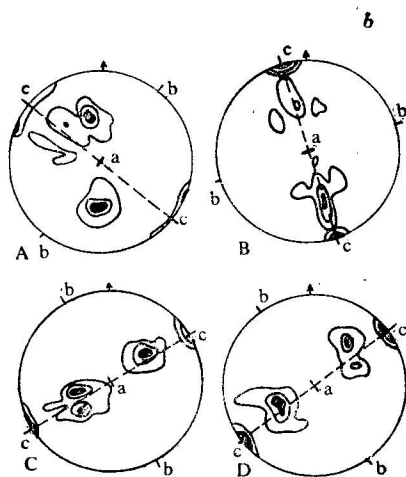


图7 本区红庙岭组石英砂岩中的计算机灰度等值线图(YZ面)

(A、B、C和D的产地分别为磁家务、南车营、黄院和长流水)

Fig. 7 The computer C-axis fabric patterns in the Hongmiaoling Fm. quartzite (YZ plane)

(The localities of A, B, C and D are Cijiawu, Nancheying, Huangyuan and Changliushui respectively)

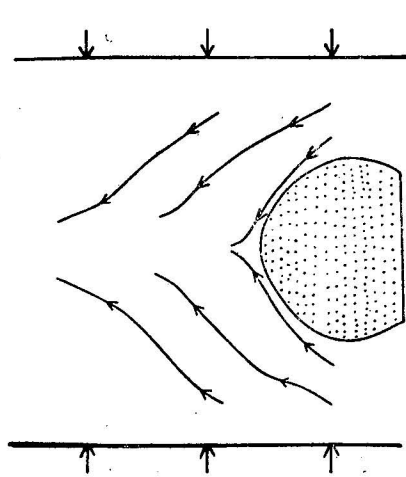


图8 北岭向斜有限之模型在南北向挤压应力作用下的节点位移轨迹图

Fig. 8 The displacement of nodal points of the model after three incremental deformations under N-S-directed compression

① 郑亚东, 1985, 压溶及其有关构造的研究。地震地质译丛, 第7卷, 第2期, 第37—40页。

② 郑亚东, 1985, 压溶及其有关构造的研究。地震地质译丛, 第7卷, 第2期, 第37—40页。

③ 朱中一, 1987, 一种新的光度计法组构测定技术。中国地质大学(武汉)岩石教研室编。

剪切作用。说明北岭向斜主体构造形成过程中,经历了较长时间的纵弯褶皱作用和压扁作用,且这种挤压是SN向近水平的。

五、北岭向斜主体构造成因机制的力学模拟

北岭向斜主体构造是一个具有凤凰山、南窖和太平山三个转折端的“弯月形”的向斜构造(图1),这一特殊形态的向斜构造能否在南北向水平挤压应力作用下的递进变形过程中形成呢?为解决这一问题,本文将北岭向斜立体构造格架转变为二维弹塑性有限元模型(图9)^[7,8]。模型右端圆形物代表房山岩体侵位以前的、硬化了的房山穹窿(相当于压力影构造中的核心矿物),其弹性模量和泊松比分别选定为 $8.0 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 和 0.24;模型左侧代表古生界轻微变质的碎屑岩,其弹性模量和泊松比分别选定为 $3.0 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 和 0.3^[9]。然后在模型南北两侧施加以 150 kg/cm^2 的水平挤压应力,通过三次增量变形^[10],在平面应变状态下模拟北岭向斜在南北向近水平挤压应力作用下,其主体构造递进形成过程中应力和位移的分布特征,所得结论如下:

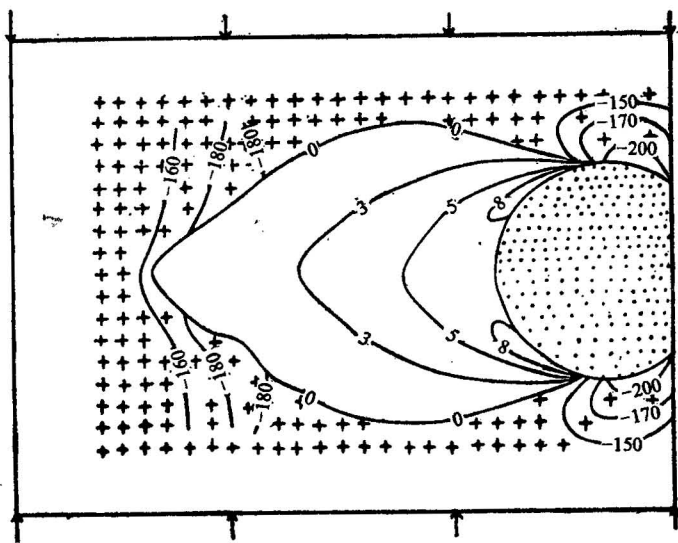


图9 本区北岭向斜有限元模型在南北向挤压应力作用下的应力等值线图
(正值为张应力,负值为压应力,右侧打点区代表房山穹窿)

fig. 9 The stress distribution of the finite element model of the Beilin Syncline under N-S directed compression

(The positive value is tensile stress. The negative value is compression stress. Dotted area at the right side represents the Fangshan dome)

① 模型左侧物质质点的运动轨迹(图8)是从载荷边界流向房山穹窿西侧的“引张区”,南侧质点流向为NW向,北侧为SW向,总体运动方向为EW向,这与北岭向斜印支期拉伸方向的分布特征完全一致。

② 模型中的张应力(图9)呈“弯月形”分布。而且在房山穹窿南北两侧及其西端均出现压应力集中区,分别对应于北岭向斜主体构造的凤凰山、太平山、南窖一带的强应变区。

③ 由于房山穹窿的存在,北岭向斜“弯月形”的主体构造完全可能形成于SN向近水平挤压应力作用下的一次递进变形。

六、结 论

在详细研究北京西山北岭向斜地质构造特征的基础上, 根据上述岩组分析、有限应变分析、压力影构造的递进应变分析、以及岩石变形的弹塑性有限元计算机模拟分析等综合分析成果, 阐述一下北京西山北岭向斜主体构造格架的成因机制:

① 东西向的北岭向斜主体构造格架形成于印支期近SN向水平挤压下的纵弯褶皱作用。其增量应变信息, 反映了该主体构造由开阔变形渐变为紧闭的、纵弯褶皱过程。

② 在印支期近SN向水平挤压过程中, 分布在北岭向斜东侧的坚硬的房山穹窿, 是导致北岭向斜主体构造具有凤凰山、南窖和太平山三个转折端, 并呈“弯月形”根本原因。

③ 在北岭向斜主体构造格架形成的中晚期, 北岭向斜南北两翼以及内弧(龙门口一带)的古生代地层经历了强烈的压扁作用, 使岩层厚度变薄, 并使其中的弱软岩层具有弯流的特征。

④ 北岭向斜核部的、燕山期的NE向构造, 对北岭向斜主体构造的改造作用甚微。

⑤ 岩石的有限应变分析、递进应变分析、岩石组构分析以及力学模拟分析等综合分析方法, 对全面了解北岭向斜主体构造格架的成因机制和变形历史具有重要意义。

在野外工作过程中, 得到中国地质大学单文琅、朱志澄、李志忠教授的指导以及郑在胜同志的帮助。室内工作过程中, 又得到郭宝罗、钟曾球副教授的指教, 成文过程中, 承蒙中南工业大学何绍勋教授的审阅和修改, 在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 宋鸿林、葛梦春, 1984, 从构造特征论北京西山的印支运动。地质论评, 第30卷, 第1期, 第77—80页。
- [2] 陈正邦、邓一岗、米双庆、李玉光、陈铭强, 1985, 北京地区的印支运动。成都地质学院学报, 第12卷, 第3期, 第62—70页。
- [3] 宋鸿林, 1987, 北京西山南部构造序列初探。地球科学, 第12卷, 第1期, 第15—20页。
- [4] 马昌前, 1988, 北京周口店岩株侵位和成分分带的岩浆动力学机理。地质学报, 第61卷, 第4期, 第329—341页。
- [5] 郑亚东、常志忠, 1985, 岩石有限应变测量及韧性剪切带。地质出版社。
- [6] Ramsay, J. G. and Huber, D. S., 1983. The Techniques of modern structural geology. Vol. 1: strain analysis. Academic Press, New York.
- [7] 兰腊宝, 1983, 褶皱的力学研究现状。力学进展。第13卷, 第1期, 第235—241页。
- [8] Bremaecker, J. G. and Becker, E. B. 1978. Finite element models of folding. Tectonophysics, Vol. 50, pp. 349—367.
- [9] 陈子光, 1986, 岩石力学性质与构造力场。地质出版社。
- [10] 张荣阁、徐和聆, 1985, 压力影特征及力学机制初步分析。中国科学院地质力学研究所所刊, 第5号, 第169—177页。

A STUDY ON THE FORMATIONAL MECHANISM OF THE BEILIN SYNCLINE IN THE WESTERN HILLS, BEIJING, USING THE COMPREHENSIVE ANALYSIS

Peng Shaomei

(Institute of Geochemistry, Academia Sinica, Guiyang)

Song Honglin

(Structural Section, China University of Geosciences, Beijing)

Abstract

Folds are the results of plastic progressive deformation of rocks. The major Indosinian structure of the Beilin syncline in the Western Hills, Beijing, is a crescent-shaped synclinal structure consisting of three hinge zones of fold—the Fenghuang shan syncline, the Nanjiao fold group and the Taipingshan syncline; and its Yanshanian core structure trends NE. Based on the geological structural features of the syncline, the nature, formational mechanism and deformation history of the syncline are studied in this paper using the comprehensive methods including the microstructure analysis, petrofabric analysis, finite strain analysis, progressive strain analysis of the syntectonic fibrous pressure shadows and two-dimensional elasticoplastic deformation finite element analysis of rocks. Then the authors draw the conclusions: (1) The crescent-shaped major structure of the Beilin syncline was formed from flexural folding accompanied by flattening during the Indosinian progressive deformation marked by near-N-S horizontal compression. During this period, the hardened Fangshan dome at the eastern side of the Beilin syncline acted as a “central object” of pressure shadows, thus causing the major structure to assume a crescent shape. (2) The NE-trending core structure of the syncline formed during the Yanshanian movement had little influence on the Paleozoic major structure. This paper emphasizes that only based on a wealth of geological data and using the comprehensive methods, can we gain a complete and detailed knowledge of the formational mechanism and deformation history of folds.

作者简介

彭少梅, 1964年9月生, 1988年毕业于中国地质大学(武汉)研究生院, 获构造地质学硕士学位。1991年毕业于湖南中南工业大学地质系, 获矿产普查与勘探专业博士学位。现在中国科学院地球化学研究所做博士后, 从事区域构造地球化学研究工作。通讯地址: 贵阳市91号信箱, 邮政编码: 550002。