

京西房山岩体南侧青白口系下马岭组构造片岩中红柱石的变形特征及其地质意义

万永平, 王根厚, 郭春影, 于海亮, 张 静

WAN Yong-ping, WANG Gen-hou, GUO Chun-ying, YU Hai-liang, ZHANG Jing

中国地质大学, 北京 100083

China University of Geosciences, Beijing 100083, China

摘要:在房山岩体南侧下马岭组构造片岩中发现红柱石横截面上发育一组共扼裂隙和“环带状”构造, 环带形状与红柱石变斑晶横截面的形状相似, 均压扁为长方形, 红柱石的变形是同构造递进变形的结果。裂隙及环带均被流体包裹体所充填, 流体包裹体的热爆温度为 604~685℃, 利用黑云母-石榴子石温度计得出变质温度为 592℃。计算出变质发生深度为 2.69~3.11 km。

关键词:北京; 房山岩体; 红柱石; 流体包裹体; 共扼裂隙; 环带状构造; 变形及变质

中图分类号: P534.3; P578.94*5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-2552(2007)02-0200-06

Wan Y P, Wang G H, Guo C Y, Yu H L, Zhang J. Deformation features of andalusite in tectonic schist of the Xiamaling Formation of the Qingbaikouan System on the southern side of the Fangshan pluton in the Western Hills, Beijing, China. *Geological Bulletin of China*, 2007, 26(2): 200-205

Abstract: A set of conjugate fractures and zonation structure are found on the cross section of andalusite in tectonic schist of the Xiamaling Formation on the southern side of the Fangshan pluton, Western Hills, Beijing. The zones have been flattened into a rectangle shape, which closely resembles the shape of the cross section of andalusite porphyroblasts. The andalusite deformation is the result of syntectonic progressive deformation; the fractures and zones are filled with fluid inclusions. The decrepitation temperatures of andalusite range from 604 to 685℃ and the metamorphic temperature obtained using the biotite-garnet geothermometer is 592℃. Thus the calculated metamorphic depth is 2.69-3.11 km.

Key words: Beijing; Fangshan pluton; andalusite; fluid inclusion; conjugate fractures; zonal structure; deformation and metamorphism

房山岩体地处华北板块中部, 位于北北东向太行山脉与近东西向燕山山脉的交会处。构造上处于一个类似于板内三结点所在的地域^[1]。研究区位于房山岩体南缘中、新元古代地层中(图 1), 区内构造演化依次经历了太古宙基底构造变形旋回、印支期、燕山期及喜山期变形旋回, 其中印支期变形旋回主要沿基底与盖层之间发育剥离断层, 并在断层面上盘青白口系下马岭组顶面发育近东西走向的次

级剥离断层, 断层面受到燕山期房山岩体的侵入而普遍变陡^[1-3](图 2)。笔者重点研究了房山岩体南侧下马岭组(Qbx)红柱石石榴子石云英构造片岩^[4]内红柱石的变形变质特征及其地质意义。

在燕山期变形旋回中, 房山岩体从南东向北西侵入, 其热动力作用不仅改造了较早侵位的岩体, 而且还波及四周的浅变质围岩, 使之构造置换成新的片理并反映一种接触热动力变质的构造特征^[2], 在

收稿日期: 2006-06-26; 修订日期: 2006-11-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(编号: 49802019)、中国地质大学(北京)周口店实习基地建设项目资助。

作者简介: 万永平(1981-), 男, 在读硕士, 从事区域构造与显微构造研究。E-mail: wanhunter@163.com

下马岭组构造片岩中形成了红柱石等热接触变质矿物,形成时间为115.94~128.46 Ma^[1]。红柱石矿物的横截面上发育一组共扼裂隙和“环带状”构造(图版 I-1),裂隙和环带被流体包裹体所充填,并显示一定的定向性(图版 I-6)。

1 构造特征

房山岩体南侧中、新元古界剖面中岩性以能干性不同而间隔变化,从北向南依次为雾迷山组大理

岩、洪水庄组板岩、铁岭组大理岩、下马岭组红柱石石榴子石云英构造片岩和长龙山组变质砂岩,岩层的倾角随着岩性能干性的大、小而陡、缓变化,其中板岩、片岩等软弱层均发育劈理或片理。剖面总体构成大型“S-C”组构,强硬层充当C面,软弱层充当S面。研究区地层与区域地对比明显减薄^[2],在剖面上各组之间为正断层分隔(图2)。

热动力变质作用在研究区构造片岩中产生了明显的构造置换作用,形成区域透入性面理S₁,S₁与S₀

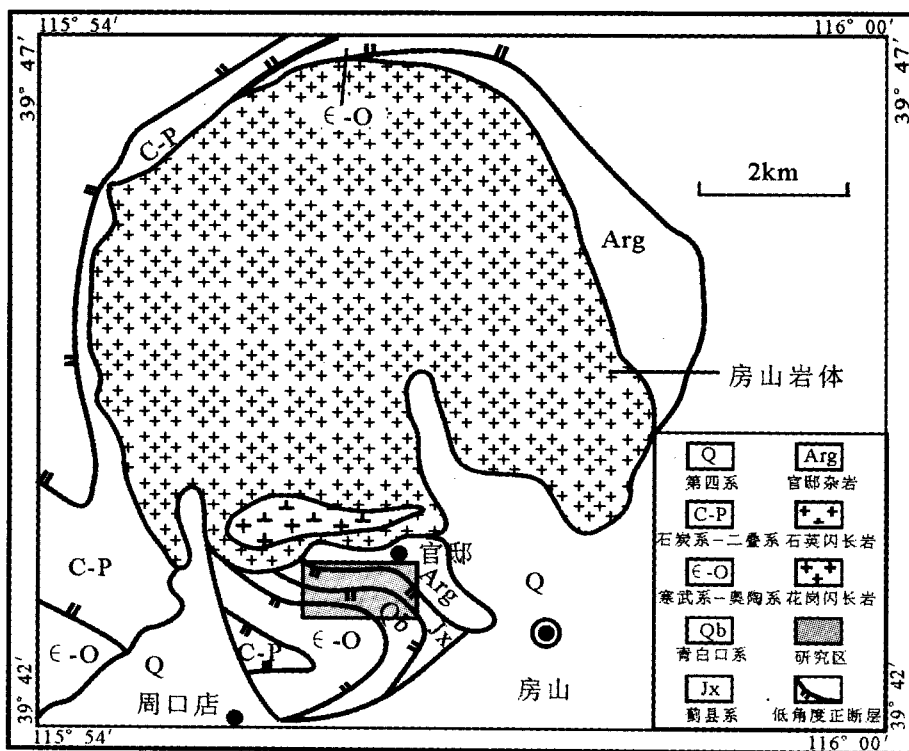


图1 研究区地质简图^[3]

Fig.1 Simplified geological map of the study area

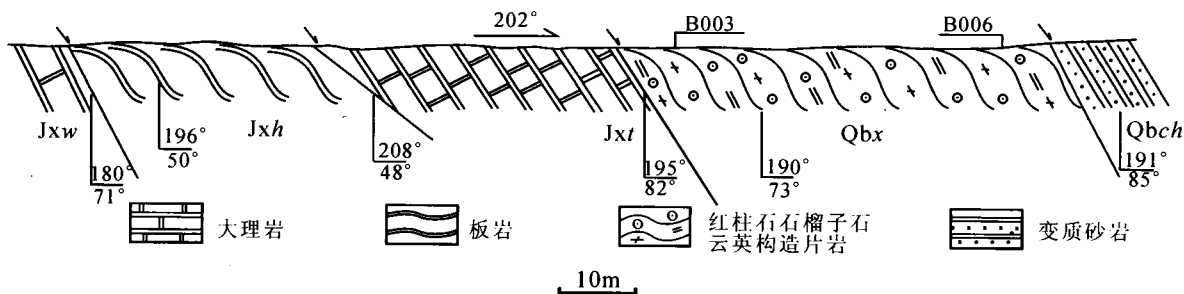


图2 房山岩体南侧蓟县系雾迷山组—青白口系长龙山组剖面

Fig.2 Section of the Wumishan Formation of the Jixianian System—Changlongshan Formation of the Qingbaikouan System on the southern side of the Fangshan pluton

Jxw—雾迷山组;Jxh—洪水庄组;Jxt—铁岭组;Qbx—下马岭组;Qbch—长龙山组;B003和B006为标本号

近于平行^[3,6],面理上矿物生长线理发育。何斌等^[7]在岩体南侧太平山北麓热动力变质带内测得线理走向为SW向,在北侧南观地区测得线理走向为NE向,认为岩体周缘线理总体呈穹状分布。笔者对研究区面理 S_1 上发育的红柱石矿物进行统计发现,其倾伏向具有明显的优选方位,基本落在 $140\sim 160^\circ$ 之间(图3),即房山岩体侵入过程中“气球式”膨胀所产生的动热变质作用对围岩构造置换的剪切方向。

2 岩石特征

房山岩体周缘不同时代的围岩均发生片理化及动热变质作用,其中以下马岭组构造片岩中发育红柱石热接触变质矿物为特征。构造片岩主要矿物为:石英(40%)、长石(5%)、黑云母+白云母(绢云母)(30%)、红柱石(10%),次要矿物为:赤铁矿+褐铁矿(3%)、硅线石(3%)、石榴子石(1%~2%)、十字石(2%),炭质物质(0.5%)。石英均发生静态恢复作用^[8],颗粒之间呈三连点结构,呈条带状定向拉长,可见矩形条带构造;长石以斜长石为主,以残斑形式出现;黑云母呈细小鳞片状集合体,多色性为黄—黄褐色;红柱石呈长柱状、柱状,粒度一般为 $0.25\sim 0.8\text{ mm}$,最粗可达 $2\sim 5\text{ mm}$;红柱石横截面中心部位呈粉红色,边缘为浅色或者无色;部分红柱石残斑含有的石英、黑云母、炭质等包裹体,使其仅保留了红柱石的假像。

3 红柱石变形特征

由于房山岩体的热接触作用,在下马岭组构造片岩中发育红柱石和石榴子石等热接触变质矿物。红柱石在剪切作用过程中发生韧性变形,基本以残斑形式出现^[9-10],横截面压扁为长方形,发育共轭裂隙和“环带状”构造(图版 I-1),在发育“环带状”构造的横截面上共轭裂隙仅在环带外发育(图版 I-1,2);在不发育“环带状”构造的横截面上共轭裂隙切穿整个红柱石横截面(图版 I-3,4)。

3.1 共轭裂隙

红柱石在结晶过程中容易在横截面上形成充填有炭质物质的共轭纹^[5,11],研究区红柱石在后期韧性变形过程中沿炭质物质薄弱面形成裂隙(图版 I-1),在应力作用下发生递进变形,形成钝角平分线平行于 σ_1 方向的共轭裂隙(图版 I-3,4)。在高倍显微镜下可见裂隙被流

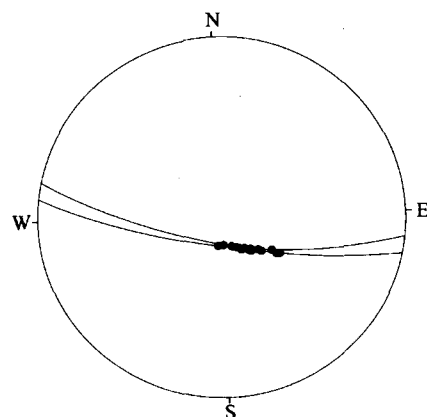


图3 面理 S_1 和红柱石线理投影图(下半球)

Fig.3 Stereogram (lower hemisphere) of lineations and S_1 foliations of andalusite

体包裹体^[12-15]和极少量的绢云母、炭质物质所充填,炭质物质在局部聚集,包裹体形态不规则,多呈近椭圆形(图版 I-5),并呈线性排列(图版 I-6),显示韧性变形痕迹,可知包裹体的形成与红柱石矿物的韧性变形是同步发生的。

3.2 环带状构造

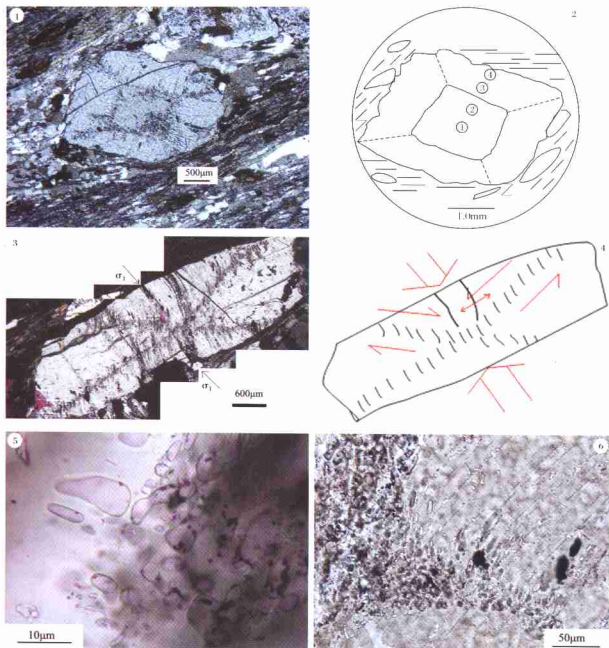
红柱石横截面上发育“环带状”构造,环带的形状与红柱石变斑晶横截面的形状相似,同为长方形或菱形(图版 I-1);横截面上发育的共轭裂隙不切过环带。在高倍显微镜下可见环带由流体包裹体组合而成(图版 I-5,6)。环带内红柱石呈浅粉红色,环带外呈无色,由电子探针分析结果可知,环带内外红柱石的矿物成分一致(表1)。赵秀德等^[9]对研究区红柱石的矿物成分分析后发现,红柱石颗粒环带外石英包裹体的含量比环带内石英包裹体的含量高,

表1 红柱石环带内外电子探针分析结果
Table 1 Microprobe analyses of the inner and outer parts of the andalusite zone

点号	矿物	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	total
①	An	0.35	61.69	37.38	0.13	0.24	0.47	100.27
②	An	0.24	61.37	37.13	0	0	1.14	99.89
③	An	0.47	62.04	36.5	0	0	0.56	99.57
④	An	0.46	61.89	37.29	0.28	0.05	0.26	100.23

注:中国地质大学(北京)地质实验中心EPMA-1600型电子探针仪测试;探针点号对应图版 I-2(电子探针点位图);An—红柱石;氧化物含量 $w_0\%$

图版 I Plate I



1.红柱石横截面共轭裂隙和环带状构造;2.红柱石电子探针点位图,其中①、②、③、④为电子探针点号;
3.红柱石横截面共轭裂隙;4.共轭裂隙受力示意图;5.包裹体及子矿物;6.定向排列的包裹体

表明在生长过程中其生长环境发生了变化,可能是侵入体中 SiO_2 的含量增加所致。

3.3 变斑晶构造

变斑晶是一种同构造生长的斑晶,斑晶内常含

有各种包裹物迹线^[10,16-19],研究区红柱石中出现的包裹物主要有石英、黑云母、炭质等,其迹线形态为曲线型;在残斑两侧低应力部位形成不对称的拖尾,拖尾的成分主要由重结晶的石英颗粒及鳞片状白云母

集合体组成。

4 包裹体特征

流体包裹体是矿物生长过程中被封闭起来的捕获在晶体缺陷中的流体,它形成之后不受外来物质和后期构造的影响,可以记录原始成岩、成矿时期的温度、盐度、压力等信息^[15]。在研究区构造片岩内红柱石微裂隙中可见流体包裹体,经统计研究发现:包裹体粒度一般为10~20 μm,最小仅为3~4 μm,最粗可达40 μm,形状呈近椭圆状或不规则状(图版 I-5),并呈线状排列(图版 I-6)。流体包裹体成分的分析结果表明(表2),气相成分以H₂O和CO₂为主,含少量CH₄及极少量的Ar;液相成分以F⁻、SO₄²⁻、Na⁺、K⁺为主,含少量Cl⁻;另外,利用爆裂法测得流体包裹体的热爆温度为604~685℃(图4),包裹体内除了流体相物质之外还含有磁黄铁矿和钛铁矿等不透明子矿物(表3,图版 I-5)。

5 红柱石反映的岩浆及变质事件

研究区红柱石的形成与房山岩体密切相关,房山岩体由石英闪长岩和花岗闪长岩组成(图1)。石英闪长岩的黑云母K-Ar年龄为131.0 Ma±5.4 Ma、132.7 Ma±0.12 Ma,角闪石K-Ar年龄为129.1 Ma±0.52 Ma、132.8 Ma±0.12 Ma[●],黑云母⁴⁰Ar-³⁹Ar年龄为133.0 Ma±0.9 Ma、132.7 Ma±1.4 Ma^[20];花岗闪长岩的锆石U-Pb年龄为128.5 Ma±1.5 Ma^[20],黑云母K-Ar年龄为127.7 Ma±5.1 Ma[●],石英闪长岩的形成略早于花岗闪长岩。红柱石是一种低压高温变质矿物,它在应力作用下发生递进变形,形成共轭微裂隙等构造,表明研究区早期的热接触变质作用被晚期的动热变质作用所叠加和改造^[21-22]。

构造片岩中热接触变质矿物的形成与距离岩体的远近密切相关,下马岭组岩石从底部向顶部石榴子石含量逐渐减少而红柱石含量逐渐增加,同时红柱石中气相包裹体的数量向上减少(图4),反映了岩体热量随远离岩体而逐渐降低的趋势^[23]。

宋鸿林^[6]根据矿物组合特征认为下马岭组构造片岩可达蓝晶石十字石带,变质相达角闪岩相,形成温度为550~660℃,测得包裹体热爆温度为

表2 流体包裹体成分检测结果

Table 2 Composition of fluid inclusions

CH ₄	H ₂ O	N ₂	C ₂ H ₆	H ₂ S	Ar*	CO ₂
0.437	94.98	-	-	-	0.594	3.909
F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
1.46	0.228	6.80	1.54	3.42	-	-

注:中国科学院地质与地球物理研究所流体包裹体实验室Prisma TMQMS200型四极质谱仪测试;-表示未检出结果,*表示结果仅供参考;气相含量单位mol%;液相含量μg/g

表3 包裹体内磁黄铁矿和钛铁矿电子探针分析结果

Table 3 Microprobe analyses of pyrrhotite and ilmenite in inclusions

Phy	S	Fe	Co	Ni	Cu	Se	total
/wb%	38.93	60.72	0.12	0.51	0.01	0.16	100.45
Ilm	Na ₂ O	MgO	SiO ₂	TiO ₂	MnO	FeO	total
/wb%	0.33	0.44	0.34	54.17	1.52	43.64	100.43

注:测试单位和仪器同表1;Phy—磁黄铁矿;Ilm—钛铁矿

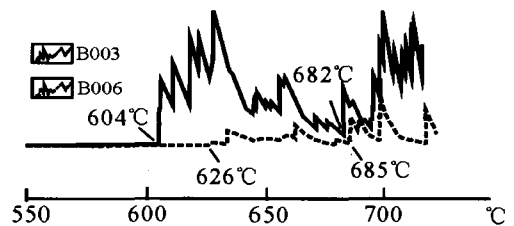


图4 样品B003和B006红柱石中包裹体的热爆曲线
Fig.4 Decrepiation diagram of inclusions in andalusite samples B003 and B006

中国科学院地质与地球物理研究所流体包裹体实验室测试;样品采样位置见图2;样品量各为50mg;曲线高度代表包裹体的累积数量(B003点包裹体比B006点包裹体多)

604~685℃,热爆温度代表变质温度的上限。根据薛君治等^[24]的黑云母-石榴子石温度计公式(表4): $t = [3835.1 / (\ln K_{DMg}^{Bi-Gar} + 2.7695)] - 273$, 其中: $K_{DMg}^{Bi-Gar} = X_{Mg}^{Bi} / X_{Mg}^{Gar}$, $X_{Mg} = Mg / (Mg + Fe + Mn)$, 可得变质温度 t 为592℃。单业华等^[25]根据区域地层柱计算出房山岩体侵入深度为2~2.5 km,根据宋鸿林^[6]计算出的研究区异常地热梯度(220℃/km)得出构造片岩的动热变质作用发生深度为2.69~3.11 km,代表花岗闪长岩岩

● 北京市地质矿产局,中国地质大学.周口店地区区域地质及矿产.1988.

体的侵入深度。

6 讨论与结论

(1)研究区构造片岩透入性面上红柱石呈线状展布,并具有明显的优选方位。研究表明,该优选方位与房山岩体晚期的花岗闪长岩侵位密切相关。

(2)研究区红柱石横截面上的裂隙在应力作用下发生递进变形,形成钝角平分线平行于 σ_1 方向的共轭裂隙。共轭裂隙不切穿“环带状”构造、普遍发育红柱石变斑晶等现象均表明红柱石变形是一种同构造变形。

(3)研究区红柱石横截面上发育“环带状”构造和共轭裂隙构造,在高倍显微镜下可见“环带状”构造和共轭的暗色条纹是一系列流体包裹体充填而成的,而非前人所认为的是炭质物质的迹线。

(4)测得包裹体热爆温度为605~685℃,利用黑云母-石榴子石温度计得出的变质温度为592℃,变质作用发生的深度可达2.69~3.11km,变质相可达角闪岩相。

参考文献:

- [1]张吉顺,单文琅.北京西山地质研究[M].武汉:中国地质大学出版社,1990:14-46.
- [2]宋鸿林,葛梦春.从构造特征论北京西山的印支运动[J].地质论评,1984,30(1):77-80.
- [3]Yan D P, Zhou M F, Song H L, et al.Mesozoic extensional structures of the Fangshan tectonic dome and their subsequent reworking during collisional accretion of the North China Block[J]. Journal of the Geological Society, 2005,162: 1-16.
- [4]宋鸿林.动力变质岩分类述评[J].地质科技情报,1988,4(1).
- [5]赵秀德,罗相风,并喜贵.北京西山地区红柱石的成矿条件和工业可利用性评价[J].地质找矿论丛,1995,10(2):28-41.
- [6]宋鸿林.北京房山变质核杂岩的基本特征及其成因探讨[J].现代地质,1996,10(2):148-158.
- [7]何斌,徐义刚,王雅玫,等.北京西山房山岩体岩浆底辟构造及其地质意义[J].地球科学,2005,30(3):298-308.
- [8]刘正宏,李殿东.糜棱岩的重结晶作用及其显微组构[J].吉林地质,1999,18(4):32-37.
- [9]Arnaud F, Boullier A M, Burg J P.Shear structures and microstructures in micaschists:The Variscan Cevennes duplex(French Massif Central)[J].Journal of Structural Geology,2004,26(5):855-868.
- [10]王好均.显微构造及构造岩的研究与应用[J].长春工程学院学报(自然科学版),2002,3(3):33-35.

表4 构造片岩中黑云母和石榴子石电子探针分析结果

Table 4 Microprobe analyses of garnet and biotite in tectonic schist

Bi /wt%	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	total
		36.66	1.98	19.66	21.03	0.19	9.65	0.23	8.96
Gar /wt%	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	MnO	FeO	total
		0.47	2.01	20.55	36.13	1.58	0.01	10.95	27.58

注:测试单位和仪器同表1;Bi—黑云母;Gar—石榴子石

- [11]刘国惠,伍家善.北京房山地区的变质带[J].中国地质科学院院报,1987,16:113-136.
- [12]Treagus S H.Non-ellipsoidal inclusions as geological strain markers and competence indicators [J].Journal of Structural Geology, 1996, 18(9):1167-1172.
- [13]卢焕章,范宏瑞.流体包裹体[M].北京:科学出版社,2004:232-240.
- [14]刘斌,沈昆.流体包裹体热力学[M].北京:地质出版社,1999:44-49.
- [15]张文淮,陈紫英.流体包裹体地质学[M].武汉:中国地质大学出版社,1993:16-96.
- [16]李三忠,李建忠.变斑晶晶内显微构造特征及其成因综述[J].地质科技情报,1997,16(1):46-52.
- [17]胡玲.显微构造地质学[M].北京:地质出版社,1998:50-70.
- [18]Jiang D Zh, Paul F Williams.Reference frame, angular momentum, and porphyroblast rotation[J].Journal of Structural Geology, 2004, 26(12):2211-2224.
- [19]Santanu Bose, Fernando O Marques.Controls on the geometry of tails around rigid circular inclusions: insights from analogue modeling in simple shear[J].Journal of Structural Geology, 2004, 26(12):2145-2156.
- [20]Davis G A, Zheng Y D, Wang C, et al.Mesozoic tectonic evolution of the Yanshan fold and thrust belt, with emphasis on Hebei and Liaoning provinces, northern China[C]//Hendrix M S, Davis G A. Paleozoic and Mesozoic Tectonic Evolution of Central and Eastern Asia: from Continental Assembly to Intracontinental Deformation.Colorado:Geological Society of America,2001:171-197.
- [21]马昌前.北京周口店岩株侵位和成分学机理[J].地质学报,1988,62(4):329-341.
- [22]王涛,王晓霞,李伍平.试论花岗质深成岩体的复合定位机制及定位空间问题[J].地质论评,1999,45(2):142-150.
- [23]翟鹏济,赵云龙.从磷灰石封闭径迹长度探讨北京房山岩体地质热历史[J].铀矿地质,1999,15(1):24-26.
- [24]薛君治,白学让,陈武.成因矿物学[M].武汉:武汉地质学院出版社,1986:58-78.
- [25]单业华,李志安.区域变质作用对北京房山侵入体冷却影响的数值模拟[J].现代地质,1998,12(1):68-74.