科 学 通 报
第38卷 第8期 CHINESE SCIENCE BULLETIN 1993年4月

五台地区太古花岗岩生成的构造背景

王凯怡 李继亮 柴育诚
(中国科学院地质研究所岩石圈开放实验室,北京 100029)

关键词 太古花岗岩、构造背景、五台

五台变质杂岩呈北东向延伸,其西北和东南分别为恒山和阜平陆块(图1),前者的年龄为2552Ma[1)],后者为2800Ma[1],说明二者原先可能不属于同一个太古代地体. 五台杂岩主要为强变形和中低级变质的晚太古岩石. 恒山-五台-阜平三块体间的关系实际上可视为陆-弧-陆碰撞造山带[2],并可进一步划分为以下构造单元.

(1) 被动边缘沉积,以板峪口组为代表,为龙泉关眼球状片麻岩和阜平片麻岩受侵蚀沉积而形成,在性质上类似于克拉通沉积,同碰撞的兰子山花岗岩产出在这个位置上.

(2) 前陆盆地沉积, 主要包括金刚库组、庄旺组、高凡群和滹沱群. 前陆盆地的沉积序列是从代表深水沉积的变泥质岩和变杂砂岩(南部金刚库组和庄旺组)到代表了海岸海侵沉积的复理石和磨拉石(高凡群和滹沱群). 金刚库组位于消减带上, 碰撞晚期的石佛花岗岩出露于该带附近. 五台前陆盆地不同于元古造山带的前陆盆地[3], 其盆地中的铁建造是阿尔果马型而不是苏必利尔型,但是,其中划归滹沱群的红色沉积及带有迭层石的白云岩无疑要相对年轻一些.因此,五台的前陆盆地可能包括了从晚太古到早元古的穿石沉积. 由于前陆盆地处于俯冲位置, 盆地中先期沉积的部分(通常遭受角闪岩相变质)将结合进入前陆褶皱冲断带中[2].

(3) 火山弧带,主要由低钾拉斑玄武岩及少量钙碱性火山岩和火成碎屑岩组成,对应于五台群. 规模巨大的车厂-北台英云闪长岩淡英云闪长岩(TT)系列即与该火山弧有关.

(4) 五台杂岩的北部边缘是弧后盆地的位置.该盆地为深水沉积盆地,对应于北部金刚库组. 由于消减带朝北移动, 俯冲楔将插入恒山陆块的下面,达到相当的深度. 因此,地壳在这里增厚程度最高,同碰撞花岗岩也因此在这里发育最好,因为,在一个碰撞带中,同碰撞的花岗岩的发育主要依赖碰撞过程中地壳增厚的程度[4]. 五台地区的同碰撞花岗岩的确在这个带上有广泛发育,如峨口和王家惠花岗岩.

1 五台花岗岩的分布和类型

各类型花岗岩约占五台杂岩出露面积的50%(图1). 根据侵入时间、产状、岩相学和地球化学特征,可分出三种类型的侵入体,每一种都发育在五台碰撞造山带的特定构造演化阶段.

I类: 碰撞前侵入体,以车厂-北台岩体为代表,位于五台地区东北部, 沿N-E向延伸,与区域构造线方向一致. 车厂-北台岩体与五台群巨厚的变基性火山岩堆积代表了一个岩浆弧,其形成与洋壳北西方向的消减有关. 车厂-北台岩体可分为中心相和边缘相,表明其侵位发生

1992-11-26收稿.
1) 范诗昆等,待发表.

在较高的地壳水平. 边缘相岩石呈眼球片麻状构造,曾受到强剪切变形. 矿物组合有斜长石、石英和黑云母,少量碱性长石、角闪石和绿泥石. 副矿物有磁铁矿、钛铁矿、磷灰石、榍石、锆石和绿帘石. 岩体与围岩为构造接触.

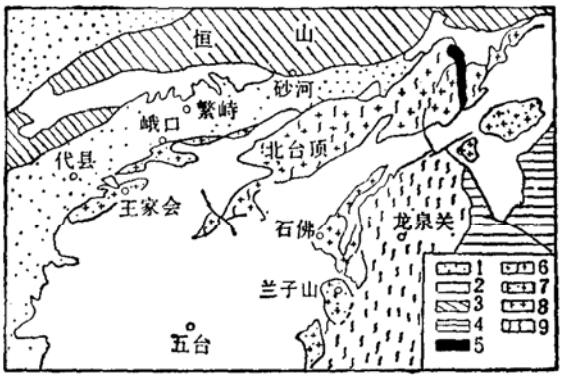

图 1　五台地区花岗岩分布图

1.第四系覆盖区, 2.五台群, 3.恒山片麻岩, 4.阜平片麻岩, 5.中生代花岗岩, 6.碰撞前花岗岩, 7.同碰撞花岗岩,8.碰撞晚期花岗岩, 9.龙泉关眼球状片麻岩

II 类: 为同构造侵入体, 以兰子山、峨口和王家惠花岗岩为代表. 兰子山花岗岩为一强变形花岗岩, 其产出位置表明为早期碰撞阶段产物. 从地质图上看, 它为两个圆形状岩体侵入于龙泉关眼球状片麻岩中, 实际上二者为构造接触. 矿物组成有斜长石、钾质长石、石英、黑云母、白云母和绿帘石,副矿物有磷灰石、锆英石、独居石和榍石等. 峨口和王家惠花岗岩分布在五台地区的西北缘. 峨口花岗岩为一系列冲断席往南西方向超复在北金刚库组沉积岩系上, 该岩系代表了弧后盆地的沉积[2]. 在峨口花岗岩和被其超复的沉积岩系之间, 是一条宽约 20m 的糜棱岩带. 王家惠花岗岩与峨口花岗岩相距不远,也呈北东向延伸, 与周围的沉积地层为"整合"接触,表明二者同时经历了构造变形,其还含丰富的变沉积岩包体. 峨口花岗岩的矿物组成为斜长石、钾长石、很高含量的石英、少量黑云母和绿泥石. 副矿物有锆英石、磷灰石、磁铁矿、石榴子石和绿帘石. 王家惠花岗岩的组成矿物有斜长石、钾长石、石英和少量黑云母、白云母. 与许多花岗岩类似,王家惠花岗岩中的石英、钠质长石和钾质长石的含量大致相等, 说明它像是由地壳物质深熔而获得. 副矿物含锆英石、磷灰石、绿帘石、榍石、磁铁矿和萤石. 主要和副矿物成分表明,花岗质岩浆富含 H_2O 和 F,这符合王家会花岗岩由变沉积岩深熔而得的推测.

III 类: 该类侵入体是碰撞晚期阶段产物, 如石佛花岗闪长岩. 该岩体沿 N-N-E 向延伸, 产出在车厂-北台岩体的东南面, 位于前陆褶皱冲断带中成为岩席仰冲在沉积岩系之上. 石佛岩体呈片麻状,边缘矿物粒度变细,表明其产出的位置较浅且周围岩石相对较冷. 石佛岩体的矿物组成为斜长石、黑云母、钾质长石、石英和少量角闪石. 副矿物有磁铁矿、锆英石、榍石、磷灰石和绿帘石.

2　年代学和地球化学

I 类: 车厂-北台 TT 系列尚未获得确切的年龄数据. 该系列呈钙碱系列趋势. Al_2O_3, TFeO 和 CaO 与 SiO_2 呈反消长关系,K_2O 则随 SiO_2 的增加而增加. 在复合阳离子图上(图 2, 根据 Batchelor & Bowden)[5] 车厂-北台系列主要落入第 1 和 2 两组, 分别对应于地幔斜长花岗岩和破坏性板块边界花岗岩. 根据 Al_2O_3 的含量, 可将车厂-北台系列分为高 Al_2O_3 和低 Al_2O_3 两种类型, 以 Al_2O_3 含量高于或低于 15% 为界. 两者分别具有不同的稀土型式. 前者轻重稀土明显分离,$(La/Yb)_n$ 从 3.1 到 16.5, 有正的和小的负 Eu 异常. 后者轻重稀土分离程度低,$(La/Yb)_n$ 从 1.9 到 3.5,具小的负 Eu 异常[6].

II 类: 兰子山和峨口花岗岩的锆石U-Pb年龄分别为 2560Ma 和 2514Ma. 王家惠花岗岩尚未获得锆石年龄数据, 其黑云母的 K-Ar 年龄为 2374Ma. 该类花岗岩通常有很高的 SiO_2

含量(>70%),特别是峨口花岗岩,其 SiO_2 的平均含量超过 77%. 在 R1-R2 复合阳离子图上(图 2), 该类花岗岩落入或靠近第 6 类花岗岩区,对应于同造山的深熔岩浆,并具中等分离程度的稀土型式和负 Eu 异常. 但是,不同的花岗岩,在地球化学性质上仍有差别,表明其可能有不同的来源区. 如峨口和王家惠花岗岩,前者 Al_2O_3 低(平均 12.5%), 稀土总量低并有相对高的重稀土. 而后者 Al_2O_3 高(平均 14%) 稀土总量较高, 重稀土亏损明显.

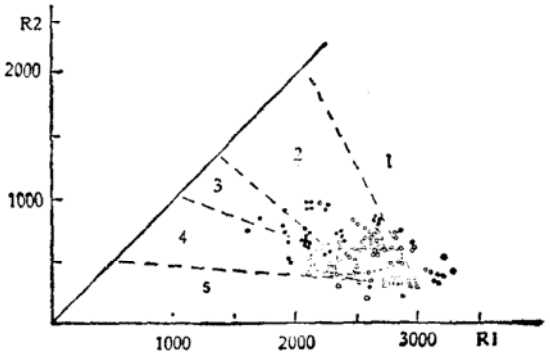

图 2 五台地区花岗岩的 R1-R2 复合阳离子图
(R1 = 4Si − 11(Na + K) − 2(Fe + Ti),
R2 = 6Ca + 2Mg + Al)
○车厂-北台系列, ●石佛花岗闪长岩,
□峨口花岗岩, △王家惠花岗岩

III 类: 石佛花岗岩的锆石 U-Pb 年龄为 2507Ma. 石佛花岗闪长岩呈钙碱性趋势,在 R1-R2 复合阳离子图上(图 2)主要为第 2,3 和 4 类花岗岩. 有分离的稀土型式, $(La/Yb)_n$ 13—23,未显 Eu 异常. 以上特征表明石佛花岗闪长岩可能有一个混合来源.

3 来源区特征

I 类花岗岩的许多特征可与碰撞前的岩浆作用[4]对比,具有火山弧岩基的特征,其形成与洋壳的消减有关,来源区为地幔. II 类花岗岩的特征与同碰撞花岗岩[4]完全相似,其岩石化学(很高的 SiO_2)及稀土型式的特点都说明它们来源于地壳物质的深熔作用. 但是,正如上面提及的,其间仍有差别,如峨口和王家惠花岗岩. 王家惠花岗岩的形成与周围变沉积岩的深熔作用有关. 而峨口花岗岩,鉴于其高的 Na/K 比和低的 Al_2O_3 含量,更像是来源于火成岩而不是沉积岩. 大多数恒山片麻岩是由低铝的英云闪长岩和淡英云闪长岩组成,有中等分离程度的稀土型式和负 Eu 异常[7],这些特点也是峨口花岗岩所具有的. 因此, 峨口花岗岩可能来源于恒山片麻岩. 峨口花岗岩野外的产出特点可作为上述推论的另一个证据. III 类石佛花岗岩的许多特征相似于 I 类花岗岩,由此推测其来源于上地幔,但其平滑的稀土型式说明其母岩浆受到地壳物质的混染.

4 构造演化和碰撞时限

五台地区晚太古各类花岗岩的地球化学与显生宙碰撞带花岗岩的地球化学完全相似[4,5]. 五台地区的构造演化历史可分成三个阶段: 1)消减阶段; 2)碰撞阶段; 3)晚期碰撞阶段. 车厂-北台岩体的生成与第一阶段有关. 兰子山、峨口和王家惠花岗岩与第二阶段有关. 兰子山花岗岩是早期碰撞阶段的产物,随后,消减作用在弧后盆地这一位置达到很大深度, 地壳明显增厚,峨口和王家惠花岗岩的生成与此有关. 石佛花岗岩与晚期碰撞阶段的消减作用有关.值得注意的是,兰子山花岗岩的年龄为 2560Ma, 峨口和石佛岩体的年龄依次为 2514Ma 和 2507 Ma. 如果以兰子山花岗岩的形成标志碰撞的开始, 而石佛岩体的形成标志碰撞造山的结束,那么该区的碰撞造山作用始于 2560Ma 结束于 2507Ma, 造山作用持续的时间为 53Ma. 有趣的是,南非林波波带的造山作用是从—2700Ma 至—2650Ma[8],持续时间也大致为 50Ma.

参　考　文　献

[1] Liu, D. Y. *et al.*, *Precambrian Research*, 1985, **27**: 85—110.

[2] 李继亮等，地质科学，1990，(1)：1—11.

[3] Hoffman, P. F., in *Geodynamics Series*, Vol. 17 (ed. Kroner, A.), Publication No. 0130 of the International Lithosphere Program, 1987, 85—98.

[4] Harris, N. B. *et al.*, in *Collision Tectonics* (eds. Coward, M. P., Ries, A. C.), Blackwell Sci. Publ., 1986, 67—82.

[5] Batchelor, R. A., Bowden, P., *Chemical Geology*, 1985, **48**: 43—55.

[6] 吴素珍，五台山早前寒武纪地质(白瑾主编)，天津科学技术出版社，1986，160—167.

[7] 田永清，山西地质，1986，(1/2)：95—113.

[8] Barton, J. M., van Reenen, D. D., *Precambrian Research*, 1992, **55**: 7—16.