

燕山南缘盘山岩体的热历史 与构造-地貌演化过程

吴珍汉 崔盛芹 朱大岗 冯向阳

摘要：应用热年代学方法，揭示了燕山南缘盘山岩体的热历史与隆升过程。结果表明，盘山岩体的侵位深度约为10km。岩体侵位以后，经历了快速冷却过程，在226.48Ma~204.95Ma期间，岩体温度由520℃冷却至300℃，平均降温速率为10.22℃/Ma。204.95Ma~118Ma期间为盘山岩体的缓慢隆升时期，平均隆升速率约为0.028mm/a，隆升幅度约2.5km。118Ma~96Ma为盘山岩体较快速隆升时期，隆升速率为0.035mm/a，隆升幅度约0.77km。96Ma~35Ma为盘山岩体与盘山山脉的快速隆升时期，隆升速率约为0.115mm/a，隆升总幅度达7km。35Ma以来，盘山岩体的隆升速率很小，仅约0.014mm/a，隆升幅度约为0.5km。盘山周缘环状构造系统的形成时代略早于226.48Ma，盘山南缘边界正断层的活动时代为中生代末~始新世。

关键词：热年代学；热历史；隆升过程；盘山岩体；燕山造山带

中图分类号：P542.2

文献标识码：A

THERMAL HISTORY AND TECTONO-GEOMORPHIC EVOLUTION OF PANSHAN PLUTON AT SOUTHERN MARGIN OF THE YANSHAN OROGENIC BELT

WU Zhen-han, CUI Sheng-qin, ZHU Da-gang, FENG Xiang-yang
(*Institute of Geomechanics, CAGS, Beijing 100081, China*)

Abstract: The thermal history and uplifting of the Pangshan pluton at the southern margin of the Yanshan orogenic belt were studied in detail by thermochronological dating. It was revealed that the Panshan pluton was intruded at a depth of about 10km before 226.48Ma. This was followed by a rapid cooling at a rate of 10.22℃/Ma during 226.48~204.95 Ma subsequently, it was uplifted 2.5km in the period of 204.95~118Ma at a rate of 0.028mm/a, 1.33km in the period of 118~80Ma at a rate 0.035mm/a, approximately 7km during 80~35 Ma at a rate of 0.08 mm/a, and about 0.5km since 35Ma at a rate of 0.014mm/a. The ring structures system surrounding the pluton formed a little earlier than 226.48Ma, and the boundary normal fault between it and the North China Basin was formed and became active mainly during 80~35Ma.

Key words : thermochronological dating; thermal history; uplifting; Panshan pluton; Yanshan

orogenic belt

著名的燕山山脉是华北平原北侧呈近EW向展布的中新生代陆内造山带，是大陆动力学研究良好的野外实验室。近年来，燕山地区相继取得一些重要的新发现和新认识[1~4]，正在成为国际大陆动力学研究新的热点地区。

本文以燕山造山带南部的蓟县盘山中酸性侵入体为例，应用热年代学方法[5, 6]，定量分析岩体的热历史及相关的构造-地貌演化过程，为认识燕山地区陆内造山的动力学机制提供重要的基础资料。

1 区域地质背景

蓟县盘山岩体所在的燕山地区，在经历了太古宙~古元古代克拉通基底形成演化与中新元古代~古生代克拉通盖层稳定发展阶段之后，中生代发生了不同特点的多期强烈地壳运动与颇具特色的陆内造山作用[1]，形成数百个中酸性侵入体[1~3]。新生代，燕山山脉在周缘盆地裂隙的同时快速隆升，形成现今山岳地貌格局[1]。

盘山岩体是燕山造山带中生代侵位的数百个中酸性侵入岩之一，以二长斑岩和二长花岗岩为主。中生代岩体侵位过程中，形成盘山环状构造系统(图1)。中生代末至新生代，盘山以南的华北裂谷盆地发生强烈断陷，而盘山及其以北地区相对隆升，构成燕山山脉中段的南缘部分。

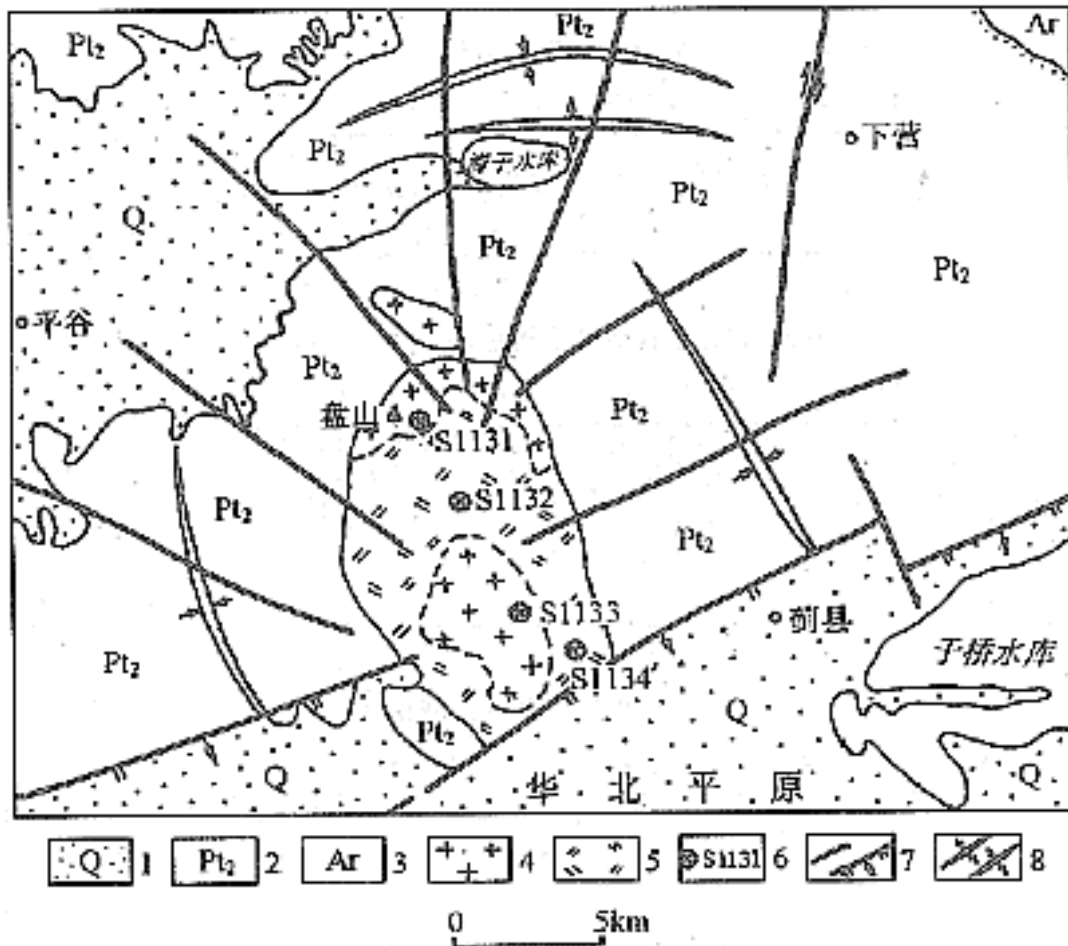


图1 燕山南缘盘山地区地质构造图

Fig.1 Tectonic map of Panshan area of south Yanshan Mts.

- 1.第四系砂砾层；2.中元古界碳酸盐岩—碎屑岩层；3.太古宙变质岩系；4.花岗岩；
5.二长岩；6.取样点及编号；7.断层、正断层；8.背、向斜

2 样品与测试

在盘山岩体不同高程分别取新鲜的岩样。S1131取于盘山山顶，海拔约为840m，岩性为巨晶似斑状角闪二长花岗岩。S1132取于海拔约560m的采石场，岩性为粗粒似斑状二长岩。S1133取于盘山半山腰，海拔约275m，岩性为粗粒似斑状黑云母二长花岗岩。S1134取于盘山脚下索道东侧，海拔约70m，岩性为粗粒似斑状二长岩。

将样品粉碎至35~300目，经清洗烘干后，用磁选、浮选等方法初选，再在双目镜下挑选出角闪石、黑云母、锆石及磷灰石单矿物。各样品的测年结果列于表1、表2、表3和图2。

表1 盘山岩体S1131样品K-Ar法年龄测定结果

Table 1 K-Ar dating results of sample S1131 of Panshan pluton

| 样品 | 测试对象 | K/% | $^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}/\text{mol/g}$ | $^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}/\%$ | 表面年龄/Ma |
|-------|------|------|--|----------------------------------|-------------------|
| S1131 | 角闪石 | 0.51 | 2.1343×10^{-10} | 94.8384 | 226.48 ± 5.72 |
| S1131 | 黑云母 | 6.66 | 2.5069×10^{-9} | 97.5044 | 204.95 ± 3.01 |

注：计算时采用的常数 $\lambda_e = 0.581 \times 10^{-10}/\text{a}$ ， $\lambda = 4.962 \times 10^{-10}/\text{a}$ ， $^{40}\text{K}/\text{K} = 1.167 \times 10^{-10}$ (原子数比)。

表2 盘山岩体磷灰石裂变径迹法测年结果

Table 2 Fission track dating results of apatite of Panshan pluton

| 样品 | 中子通量/ $10^{16}\text{n}/\text{cm}^2$ | 自发径迹密度 $\rho_i/10^7\text{cm}^{-2}$ | 诱发径迹密度 $\rho_s/10^7\text{cm}^{-2}$ | ρ_s/ρ_i | 年龄/Ma |
|-------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------|--------------|
| S1131 | 0.74 | 0.0273 | 0.1870 | 0.1440 | 63.4 ± 4 |
| S1132 | 0.74 | 0.0384 | 0.3300 | 0.1160 | 50.5 ± 3 |
| S1133 | 0.74 | 0.0398 | 0.3780 | 0.1053 | 49.0 ± 3 |
| S1134 | 0.74 | 0.0332 | 0.2957 | 0.1115 | 48.5 ± 2 |

注：中子通量由美国国家标准局612#铀玻璃监测而得。

表3 盘山岩体锆石裂变径迹测年结果

Table 3 Fission track dating results of zircon of Panshan pluton

| 样品 | 中子通量/ $10^{16}\text{n}/\text{cm}^2$ | 统计颗粒数 | 平均年龄/Ma |
|----|-------------------------------------|-------|---------|
| | | | |

| | | | |
|-------|---------|----|---------|
| S1131 | 0.06427 | 10 | 118 ± 7 |
| S1132 | 0.06427 | 10 | 114 ± 7 |
| S1133 | 0.06427 | 9 | 108 ± 7 |
| S1134 | 0.06427 | 9 | 96 ± 6 |

注：中子通量由美国国家标准局612#铀标准玻璃监测而得。

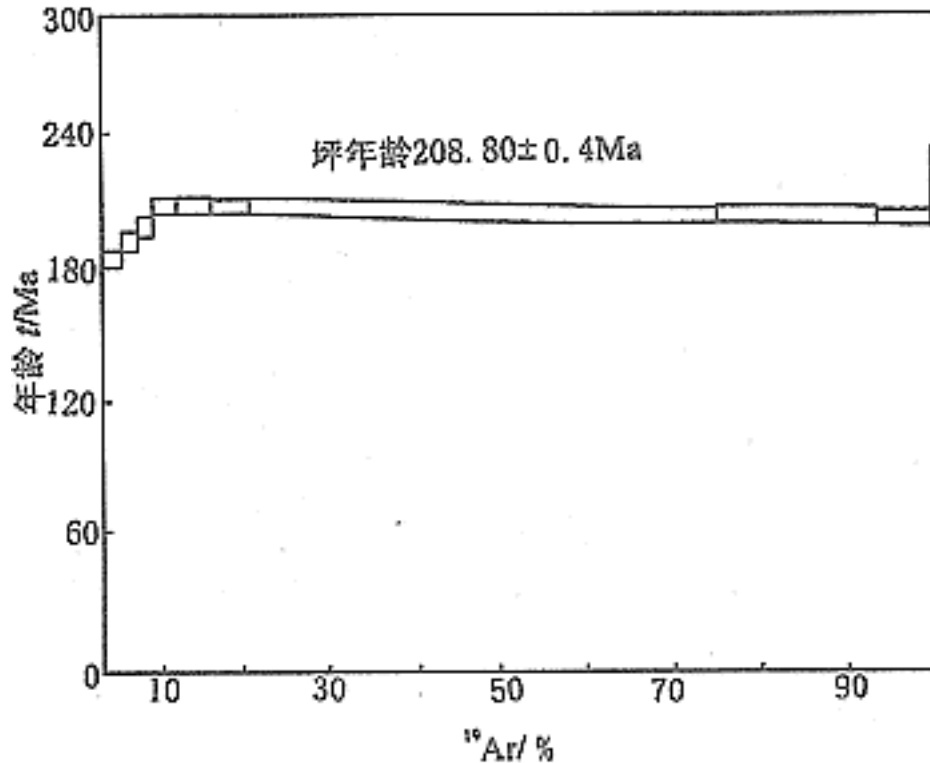


图2 盘山岩体S1132样品角闪石Ar-Ar法坪年龄图谱

Fig.2 Age spectrogram of Ar-Ar dating of hornblende of sample S1132 of Panshan pluton

3 岩体热历史与构造-地貌演化的动力学过程

已有实验资料表明，角闪石的K-Ar法年龄封闭温度为 520 ± 20 ，黑云母的K-Ar法年龄封闭温度为 300 ± 50 ，斜长石的K-Ar法年龄封闭温度为 250 ± 20 ，钾长石的K-Ar法年龄封闭温度为 160 ± 30 ，锆石裂变径迹法记年系统的封闭温度为 225 ± 25 ，磷灰石裂变径迹法记年系统的封闭温度为 100 ± 25 [5,6]，假设古地温梯度与现今地温梯度相近为 30 /km。

将矿物对的年龄(表1~3)、封闭温度与地温梯度联系起来，能较好地揭示盘山岩体自侵位以来的热历史与构造-地貌的演化过程(图3)。将锆石、磷灰石的裂变径迹年龄与高程联系起来，发现样品的裂变径迹年龄与高程存在良好的相关关系(图4)。

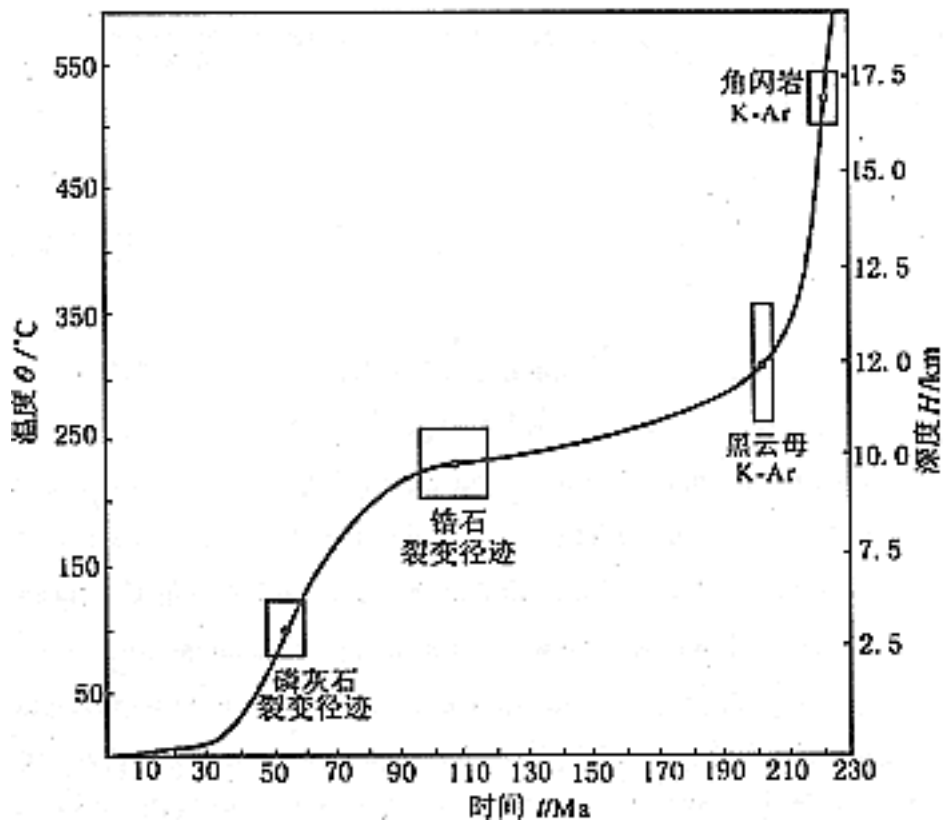
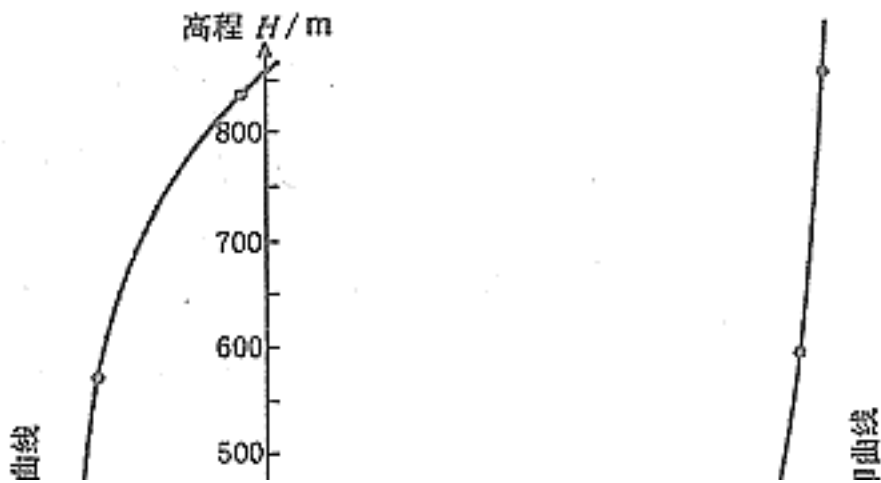


图3 盘山岩体热年代学演化曲线图

Fig.3 Diagram of thermochronologic evolution of Panshan pluton



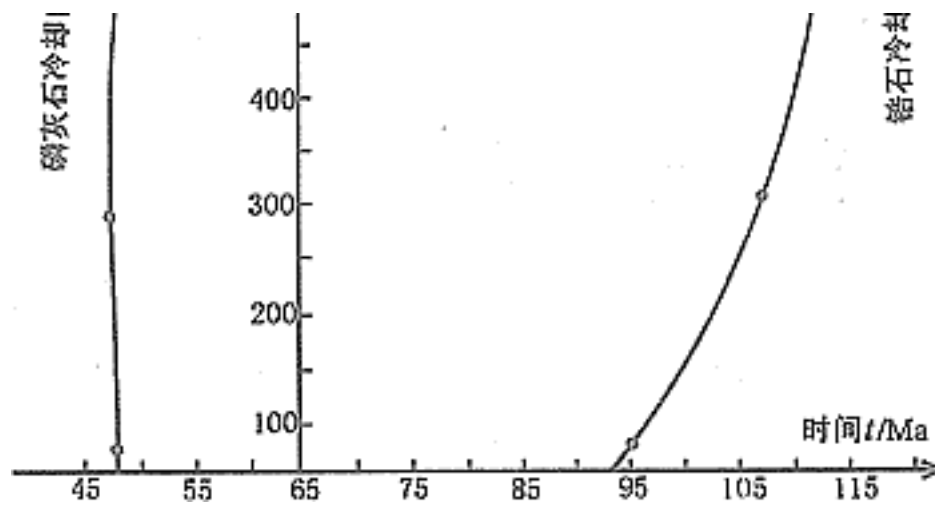


图4 盘山岩体裂变径迹年龄-高程曲线图

Fig.4 Diagram of fission track age vs.altitude of Panshan pluton

从图3可以看出，盘山岩体自侵位以来，经历了快速冷却的历史。在226.48Ma至204.95Ma长达21.53Ma的时期内，岩体自500 快速冷却至300 ，平均降温速率为10.22 /Ma。204.95Ma是盘山岩体热年代学曲线的一个重要拐点，对应于岩体热历史的一个重要转折点——即岩体自快速自然冷却过程向缓慢隆升降温过程的转变时间。约在204.95Ma，岩体的温度与周围环境的温度达到近平衡状态，据此可近似估算岩体的侵位深度。岩体侵位深度=岩体所在深度的温度/地温梯度=300 /30 /km=10km，即岩体侵位深度约为10km。拐点年龄204.95Ma与样品S1132中角闪石的Ar-Ar法坪年龄208.8Ma(图2)相近，两者均受岩体的热动力学过程所控制。岩体的侵位时代应略早于226.48Ma，与岩体侵位具有成因联系的盘山环状构造系统的形成时期亦应略早于226.48Ma。

自204.95Ma至118Ma期间，盘山岩体的冷却曲线非常平缓，说明岩体长期处于缓慢冷却的动力学过程；平均降温速率为0.86 /Ma，对应的平均隆升速率为0.028mm/a。反映盘山岩体在燕山早中期，长期处于缓慢隆升状态。在这一长达近87Ma的时期内，盘山岩体的总隆升幅度仅为2.5km。

在118Ma至63.4Ma约54.6Ma期间，盘山岩体经历了较快速的隆升过程，降温速率平均为2.29 /Ma，隆升速率平均为0.076mm/Ma。从热年代学曲线的演化趋势看，这样的快速隆升过程一直持续到约35Ma；其间96Ma至35Ma是盘山岩体快速隆升的主要时期，这一时期的隆升速率达到0.115mm/a，隆升总幅度达到约7km。大约自35Ma以来，盘山岩体处于非常缓慢的隆升过程，隆升速率很小，仅为约0.014mm/a，隆升幅度仅为0.5km左右。

裂变径迹年龄-高程曲线(图4)反映盘山岩体在中生代晚期与新生代早期的隆升过程。在中生代晚期118Ma至96Ma期间约22Ma的时间内，盘山岩体平均隆升速率为0.035mm/a，隆升1km约需28Ma。在新生代早期63.4Ma至48.5Ma约15Ma时间内，盘山岩体平均隆升速率为0.052mm/a，隆升1km约需19Ma。图4与图3反映盘山岩体隆升过程，具有可比性。

此外，图3和图4还说明，盘山岩体开始快速隆升的时间约为96Ma，快速隆升时期(96Ma~35Ma)正好是其南侧华北裂谷盆地开始广泛裂陷的时期。据此推断盘山南缘、

华北盆地北缘的边界正断层的主要活动时期为中生代末~始新世。

本项研究得到原地矿部与国家科委的资助。文中K-Ar法与Ar-Ar法测年由中国地质科学院同位素实验室完成；锆石与磷灰石裂变径迹测年由中国地震局地质研究所年代学实验室完成。在此一并致谢。

基金项目：原地矿部“九五”重点基础项目(9501111)，国家“九五”攀登项目(95-预-40与95-专-05)。

作者简介：吴珍汉(1965—)，男，博士，研究员，长期从事区域构造、构造与成矿关系、大陆动力学与地球动力学研究工作。

作者单位：中国地质科学院地质力学研究所，北京 100081

参考文献

- [1] Cui Shengqin and Wu Zhenhan. On the Mesozoic and Cenozoic intracontinental orogenesis of Yanshan area, China [A] . In: Proc. of 30th Int'l. Geol. Congr. [C] , 1997, (14): 277 ~ 292. VSP, the Netherland.
- [2] Davis G A, Qiang Xianglin and Zheng Yadong. The Huairou ductile shear zone, Yunmengshan Mts. [A] . Beijing-30th Int'l. Geol. Congr. Field Trip Guide of T209 [C] . Geological Publishing House, Beijing, 1996.
- [3] Davis G A, Wang Cong, Zheng Yadong and Zhang Changhou et al. The enigmatic Yanshan fold-and-thrust belt of northern China: new views on its intraplate contractional styles [J] . Geology, 1998, 26: 43 ~ 46.
- [4] Chen A. Geometric and kinematic evolution of basement-cored structures: intraplate orogenesis within the Yanshan orogen, northern China [J] . Tectonophysics, 1998, 292: 17 ~ 42.
- [5] 陈文寄, 彭 贵主编. 年轻地质体系的年代测定 [M] . 北京: 地震出版社, 1991.
- [6] 康铁笙, 王世成. 地质热历史研究的裂变径迹方法 [M] . 北京: 科学出版社, 1991.

收稿日期：1999-07-20