

新疆“大哈拉军山组”火山岩的形成时代问题 及其解体方案

朱永峰¹ 周 晶¹ 宋 彪² 张立飞¹ 郭 璇¹

(1. 造山带与地壳演化教育部重点实验室, 北京大学地球与空间科学学院, 北京 100871;
2. 北京离子探针中心, 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

摘要: 基于前人的资料和本文获得的锆石 SHRIMP 数据, 故建议解体“大哈拉军山组”。西天山东段拉尔敦达坂一带出露的火山岩是晚石炭世火山作用的产物, 建议创名“拉尔敦达坂组”。新源城南的早石炭世火山-沉积岩依然使用“大哈拉军山组”。西天山西段大面积出露的“大哈拉军山组”火山岩比较复杂, 原始创名剖面(特克斯南大哈拉军山一带)分布的早石炭世火山-沉积岩暂时继续使用“大哈拉军山组”的名称, 但其北部大面积分布(昭苏北—特克斯—巩留—阿希金矿地区)的火山岩形成于晚泥盆世(而不是以前认为的早石炭世), 建议用“特克斯达坂组”表述这套晚泥盆世火山—沉积地层。

关键词: 新疆; 大哈拉军山组; 石炭纪; 泥盆纪; 火山岩; 锆石 SHRIMP; 西天山

中图分类号: P588.14 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2006)03-0487-11

西天山广泛出露一套以流纹岩、粗面岩、粗面安山岩和中酸性凝灰岩为主体的火山-沉积岩(“大哈拉军山组”), 它由上部的流纹岩、粗面岩、凝灰岩夹砂岩和灰岩透镜体与下部的玄武岩、粗面岩、粗面安山岩夹凝灰岩和火山角砾岩组成, 厚度达 7 500 m^[1]甚至 9 000 m^[2]。有关新疆天山地质与矿产的研究都不可避免地涉及到对“大哈拉军山组”火山-沉积岩形成环境的讨论^[3-11], 正确认识这套火山-沉积地层的形成过程以及其中火山岩的成因并准确厘定火山岩的形成时代, 对研究西天山的地质演化和相关的矿产勘查工作具有非常重要的理论和实践意义。

随着锆石 SHRIMP 高精度定年结果的陆续发表, 新疆西天山地区广泛分布的“大哈拉军山组”的形成时代成为一个争论的焦点^[12-13]。西天山西段特克斯林场附近出露辉长玢岩中辉石的 ⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄为~326 Ma^[14-15]; 阿吾拉勒山中次火山岩的 ⁴⁰Ar/³⁹Ar 和 K-Ar 年龄为 290~306 Ma^[16]。锆石 SHRIMP 年代学研究表明, 大哈拉军山组中火山岩的形成时间跨度很大, 从西天山东段拉尔敦达坂一带的~313 Ma 到新源城南的~354 Ma^[12]。西天山西段的特克斯—巩留—昭苏北一

带大哈拉军山组火山岩中锆石年龄表明, 该地区的火山岩形成于晚泥盆世^[13]。西北天山阿希金矿围岩中锆石的 SHRIMP 年龄^[17]也表明, 该地区的“大哈拉军山组”火山岩在晚泥盆世喷发, 而非以前一直认为的早石炭世。这些有限的高精度年代学数据表明, “大哈拉军山组”中火山岩的形成时代跨度巨大。这也就提出了一个问题: “大哈拉军山组”火山岩是同一期火山活动的产物吗? “大哈拉军山组”还适合作为一个地层单元的“组”存在吗? 笔者在总结前人的工作成果以及展示最近获得锆石 SHRIMP 资料的基础上, 建议解体沿用很久的“大哈拉军山组”这个地层单元。

1 地质概况

伊犁—中天山板块呈楔形向东尖灭, 在其南北两侧均发育古生代造山带。天山主干断裂是伊犁板块与其北部造山带的边界, 尼古拉耶夫线是伊犁板块与西南天山造山带的分界线(图 1)。虽然大哈拉军山组火山-沉积建造覆盖在元古宙或志留系变质岩上, 但火山-沉积岩的性质和比例差别很大^[18-19]。在伊宁盆地南缘, 火山活动强烈, 形成了巨厚的

收稿日期: 2006-04-24; 改回日期: 2006-05-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(40572033)和国家重点基础研究发展规划项目(2001CB409802)资助。

作者简介: 朱永峰, 男, 1965 年生, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事化学地球动力学、岩石学和矿床学方面的教学和科学研究;

E-mail: yfzhu@pku.edu.cn。

火山-沉积建造。石炭纪火山活动向东逐渐减弱直到消亡,取而代之的是海陆交互相的磨拉石建造。在西南天山特克斯—昭苏一带,“大哈拉军山组”主要由流纹岩、粗面岩、粗面安山质凝灰岩、粗面安山岩、辉石安山岩夹凝灰角砾岩组成,以角度不整合(或者呈断裂接触关系)覆盖在上志留统阿克牙子组之上^①。在新源县南部的那拉提山北坡,“大哈拉军山组”火山-沉积建造不整合覆盖在震旦系特克斯群变质岩上(或者呈断层接触关系)。火山岩和碎屑岩-碳酸岩的厚度各占一半,形成间歇式火山喷发-海陆交互相沉积盆地。在西天山东段巴仑台—莫托萨拉地区,早石炭世的沉积为马鞍桥组的磨拉石建造(缺失火山岩),以角度不整合覆盖在元古宙巴仑台群变质岩上。

西天山地区由北向南可以划分出3个不同的地质单元:北天山、中天山和南天山。石炭纪地层在这3个单元均有出露,但各有特点。因此,分别划分出3个不同的地层小区:北天山地层小区、中天山地层小区和南天山地层小区。由于石炭系在南天山分布很局限,笔者主要研究对比北天山地层小

区和中天山(伊宁盆地)地层小区的“大哈拉军山组”。

2 北天山地层小区的大哈拉军山组

石炭系沿博罗科努山南麓分布,为浅海相熔岩、火山碎屑岩、陆源碎屑岩和含丰富古生物化石的灰岩。新源幅 1:20 万区调报告^②将寨口萨依上游的石炭系划为下石炭统阿吾拉勒山组。巩留幅 1:20 万区调报告^③将尼勒克河下游一带石炭系自下而上划分为下统美洛卡河组、阿恰勒河组和中统东图津河组。新疆区域地层表^④将该区石炭系划为下统大哈拉军山组、阿克沙克组 and 上统下部东图津河组(图 2-a)。下石炭统大哈拉军山组主要出露于博罗科努山,总体呈 NW 向展布。本组曾先后被称为阿吾拉勒组或美洛卡河组。1981 年以后新疆区域地层表^⑤、新疆古生界^⑥对相当本组的地层均使用“大哈拉军山组”。

本区“大哈拉军山组”火山岩主要由火山熔岩和凝灰岩构成,其中熔岩以中酸性岩石为主,缺失玄武岩。寨口阔拉北,本组下部和顶部出现正常沉积碎屑岩和灰岩(含早石炭

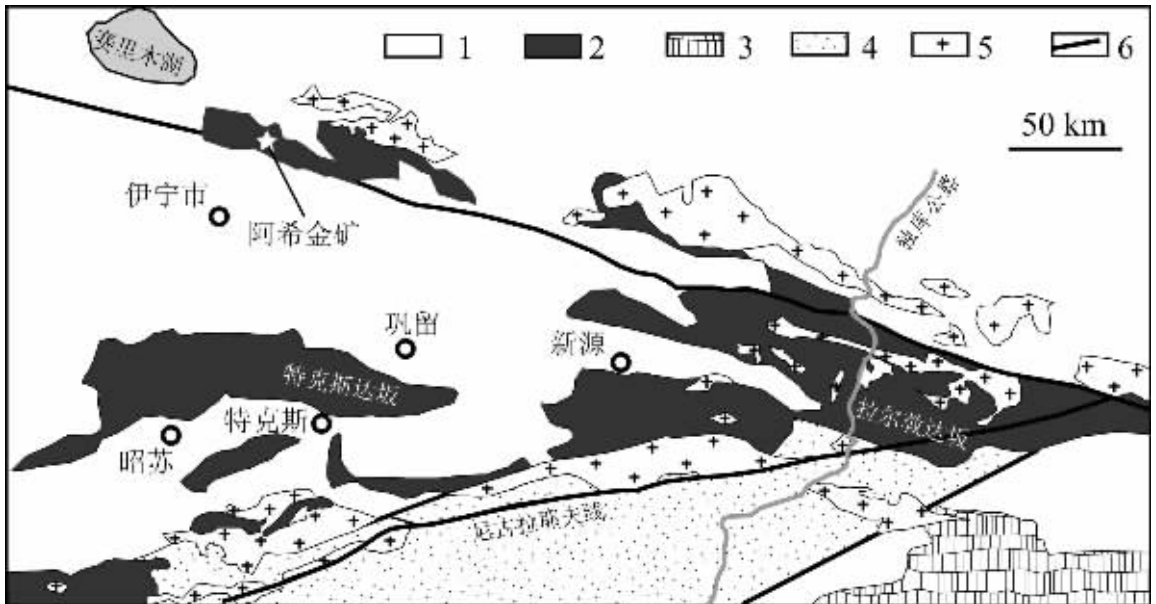


图 1 西天山地区的地质-构造框架图

1—第四系沉积物;2—“大哈拉军山组”火山-沉积岩;3—泥盆系片岩、透闪石大理岩、晶屑凝灰岩夹硅质页岩;4—志留系片岩、板岩、白云质大理岩夹火山角砾岩;5—花岗岩质石(侵入到元古宙—志留系—泥盆—石炭系地层中);6—断裂构造

Fig. 1 The tectonic sketch map of the western Tianshan Mountains

1—Quaternary;2—“Dahalajunshan Group”volcanic-sedimentary rocks;3—Devonian schist, tremolite dolomite, tuff with chert;4—Silurian schist, dolomitic marble with volcanic breccia;5—granite intruded into Preterozoic-Silurian-Devonian-Carboniferous strata;6—Fault

① 新疆维吾尔自治区地质局. 1:20 万昭苏幅区调报告, 1978.
② 新疆维吾尔自治区地质局. 1:20 万新源幅区调报告, 1975.
③ 新疆维吾尔自治区地质局. 1:20 万巩留幅区调报告, 1979.



图 2 西北天山地层小区石炭系划分沿革(a)和伊宁盆地地层小区石炭系划分沿革(b)
 Fig. 2 Historical reviews of the stratigraphic classification of the Carboniferous in the northwestern Tianshan Mountains (a) and in the Yining basin (b)

世化石),剖面其余岩性以晶屑-岩屑凝灰岩为主。据 1:20 万巩留幅区调报告,吐普逊北,本组凝灰砂岩中产腕足类、珊瑚类和鳞木茎干化石。喀腊巴戈下游东卡拉先布拉克一带安山岩中灰岩夹层中含珊瑚 *Lithostrotion cf. irregulare*, *Palaeosmilium sp.*, *Diphyphyllum sp.*, *Bothrophyllum sp.*, 及腕足 *Striatifera striata* 等。塞口阔拉中上游含珊瑚 *Lithostrotion sp.*, *Palaeosmilium sp.*, *Arachnolasma sp.*, *Neoelisiophyllum sp.*, *Aulina sp.* 及腕足 *Gigantoproductus sp.* 等化石,时代属早石炭世维宪期。通过对比可以发现,即使在博罗科努山,大哈拉军山组的构成也存在较大差别。因此,早石炭世的火山喷发特征以及沉积环境在西北天山变化较大。

3 伊宁盆地地层小区的大哈拉军山组

阿尔夏腾别其尔幅 1:20 万区调报告^①将巩乃斯河以南的石炭系称为下统恰可布组和中统桑树园组。新疆幅 1:20 万区调报告将阿吾拉勒山地区石炭系自下而上创名为下统阿吾拉勒组和中统吐尔拱河组。在新疆区域地层表中系统总结了伊宁盆地的石炭系,将其归并为阿克萨克组。1:25 万新疆幅区调报告^②将伊宁盆地石炭系自下而上划分为下统大哈拉军山组和阿克萨克组,并将阿吾拉勒山南缘分布的上统称为伊什基里克组(图 2-b)。

“大哈拉军山组”主要展布于阿吾拉勒山东段主山脊及

① 新疆维吾尔自治区地质局. 1:20 万阿尔夏腾别其尔幅区调报告, 1972.

② 新疆维吾尔自治区地质调查院. 1:25 万新疆幅(K44C001004)区域地质调查成果报告, 2004.

其南北两侧。本组地层构成阿吾拉勒山东段、塔斯玛脚塔特山、卡特斯格山主体。新源幅 1:20 万区调报告将阿吾拉勒组(即目前大哈拉军山组)分为 4 个亚组,第一亚组位于博罗科努山南坡,其他 3 个亚组见于阿吾拉勒山东部依生布古河南北;第一亚组为中酸性熔岩、凝灰角砾岩和凝灰岩夹流纹斑岩;第二亚组为中酸性熔岩、凝灰角砾岩和凝灰岩夹流纹斑岩;第三亚组下部为正常沉积的碎屑岩、灰岩,上部为熔岩、凝灰岩、英安斑岩、砂岩-粉砂岩、砂质灰岩、灰白色生物屑灰岩(含早石炭世晚期化石);第四亚组为安山岩、安山玢岩夹凝灰岩。阿尔夏腾别力其尔幅 1:20 万区调报告中,原划恰可布河组在巩乃斯河南和那拉提断裂北也包括 4 个亚组,第一亚组为酸性熔岩,第二亚组为细碳酸盐岩夹细碎屑岩,第三亚组为酸性熔岩夹火山角砾岩,第四亚组为钙质砾岩、砂岩夹凝灰质砂岩。阿吾拉勒山依生布古河剖面^①是该地区的典型代表。该剖面曾被《新疆古生界》^[21]划入阿克沙克组,1:25 万新源幅区调报告将其归属于大哈拉军山组。野外实测的大哈拉军山组剖面如下:

新源县城南剖面

上覆 古近系-新近系沙湾组(E₃-E_s)

~~~~~不整合~~~~~

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 下石炭统大哈拉军山组(C <sub>1d</sub> ) | 视厚 8890.7m |
| 30. 紫褐色流纹岩                   | 615.4m     |
| 29. 紫褐色粗面安山岩                 | 327.8m     |
| 28. 浅紫色玻屑熔结凝灰岩夹流纹岩           | 130.6m     |
| 27. 紫红色粗面安山岩                 | 609.9m     |
| 26. 灰色凝灰岩夹角砾岩                | 121.2m     |
| —————断层—————                 |            |
| 25. 深灰色凝灰岩-凝灰质角砾岩            | 81.8m      |
| 24. 紫色蚀变安山岩                  | 47.0m      |
| 23. 紫红色玄武质安山岩                | 132.1m     |
| 22. 花岗闪长岩(侵入到孔雀石化玄武质安山岩中)    | 5.2m       |
| 21. 孔雀石化玄武岩                  | 12.6m      |
| 20. 蚀变闪长岩(侵入到灰岩-孔雀石化玄武岩中)    | 82.2m      |
| 19. 蚀变辉长岩(侵入到灰岩-孔雀石化玄武岩中?)   | 2.3m       |
| 18. 孔雀石化玄武岩                  | 42.1m      |
| 17. 浅灰色大理岩化灰岩                | 340.9m     |
| 16. 浅灰色凝灰岩                   | 13.6m      |
| 15. 灰绿色晶屑凝灰岩                 | 68.2m      |
| 14. 暗紫色安山岩夹玄武岩               | 1214.8m    |
| 13. 灰色细晶白云质灰岩                | 603.5m     |
| 12. 灰色安山质岩屑晶屑凝灰岩             | 309.4m     |
| 11. 灰色蚀变安山质岩屑晶屑凝灰岩           | 76.9m      |

|                                                                |         |
|----------------------------------------------------------------|---------|
| 10. 灰绿色安山质火山角砾岩                                                | 19.2 m  |
| 9. 灰绿色杏仁状强蚀变玄武岩                                                | 167.3 m |
| 8. 紫灰色杏仁状蚀变玄武岩                                                 | 891.6 m |
| 7. 灰绿色岩屑晶屑凝灰岩                                                  | 438.2 m |
| 6. 灰色玄武岩夹安山岩(TS01 采集的层位, 锆石 SHRIMP 年龄为~354Ma <sup>[22]</sup> ) | 895.1 m |
| 5. 凝灰质粉砂岩-砂砾岩互层(底砾岩?)                                          | 401.1 m |
| —————断层—————                                                   |         |
| 4. 灰绿色凝灰质砂岩                                                    | 366.2 m |
| 3. 灰绿色玄武岩                                                      | 236.2 m |
| 2. 紫灰色安山岩                                                      | 265.1 m |
| 1. 灰绿色杏仁状玄武岩                                                   | 273.2 m |

—————断层—————

下伏 粉砂岩-砂砾岩互层(底砾岩?)

伊宁盆地中的“大哈拉军山组”总体以中酸性火山熔岩及火山碎屑岩为主,其中玄武岩分布不均,仅在局部地区较发育。本组含少量正常碎屑岩和灰岩(灰岩多呈大型透镜体状,含化石)。安山岩-流纹岩在地层剖面上部相对较多,玄武岩一般出现在地层剖面下部。大部分地区未见到大哈拉军山组的底界,恰西林场一带见到玄武岩不整合于长城系泊仑干布拉克岩组之上,不整合面上堆积了 2m 多厚的底砾岩<sup>②</sup>,阿克沙克组成层性好,与下伏大哈拉军山组火山岩界线清楚。阿吾拉勒山地区,大哈拉军山组由一套中酸性火山熔岩及其凝灰岩组成。在北坡本组下部岩性主要为凝灰角砾岩、英安质角砾岩、流纹质角砾岩,酸性晶屑-岩屑凝灰岩、安山岩、凝灰砂岩及少量灰岩。本区大哈拉军山组火山岩显示出以中酸性熔岩-火山角砾岩-凝灰岩-凝灰质砂岩为特征的火山喷发-沉积旋回。笔者实测的新源城南地层剖面保留了多达 6 个火山-沉积旋回(图 3-d)。

## 4 火山岩的锆石 SHRIMP 年代学

伊宁盆地中大哈拉军山组分布很广,从昭苏县城以西的中国与哈萨克斯坦的国境线经昭苏-特克斯-巩留-新源城南沿那拉提山一直到拉尔敦达坂一带(EW 向延长超过 500km),在拉尔敦达坂火山岩剖面底部粗面安山岩中获得的锆石 SHRIMP 年龄为~313 Ma<sup>[23]</sup>,在新源城南火山岩剖面底部的玄武岩中获得的锆石 SHRIMP 年龄为~354 Ma<sup>[23]</sup>,它们分别属于晚石炭世和早石炭世。

最近笔者又从拉尔敦达坂火山岩剖面底部蚀变玄武岩中分选出锆石(锆石样品 TS07A,采样位置见图 4-a-b,花岗岩侵入到这些火山熔岩中,也许正是花岗岩的侵入导致了玄武质安山岩的明显蚀变),测定了其 SHRIMP 年龄(表 1)。该火山岩中锆石的阴极发光(图 4-c-g)所示。这个锆石样品与

① 新疆维吾尔自治区地质局, 1:20 万新源幅区调报告, 1975.

② 新疆维吾尔自治区地质调查院, 1:25 万新源县幅(K44C001004)区域地质调查成果报告, 2004.

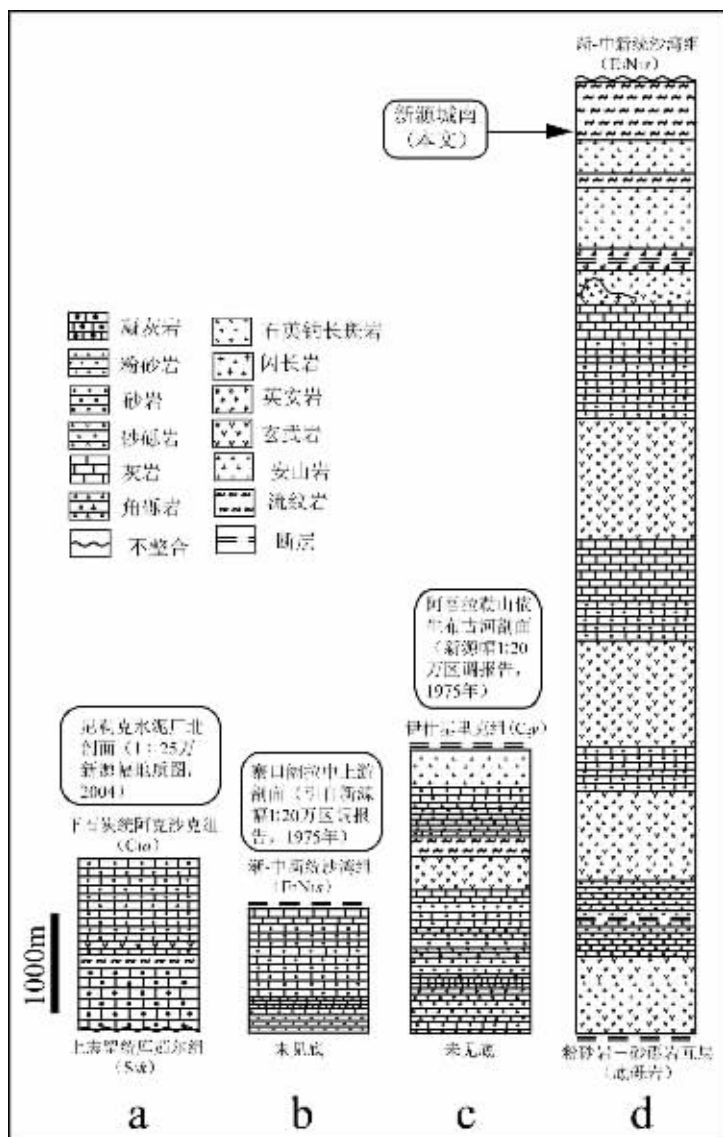


图 3 西天山地区 4 个典型的“大哈拉军山组”火山-沉积剖面

Fig. 3 Four typical volcanic-sedimentary sections of the “Daharajunshan Group” in west Tianshan Mountains

笔者以前从其上覆新鲜粗面安山岩中分选的锆石(TS-02, 该样品中的所有锆石具有正常的阴极发光特征<sup>[23]</sup>)完全不同, 最重要的区别是其很弱的阴极发光特征(图 4-c), 如果增加照射强度, 则显示极其微弱的阴极发光特征(图 4-d-f), 而样品中的古老继承锆石则具有相对较强的阴极发光特征(图 4-e-g)。故推测这种弱的阴极发光特征与该样品遭受到明显的热液蚀变有关, 因为岩浆锆石在受到热液改造时, 会形成具有弱或者无阴极发光特征的锆石<sup>[24]</sup>。

该样品中锆石含量很少, 约从 5 kg 岩石样品中仅分选出十几粒锆石, 而且约一半的锆石颗粒太小而不适合用 SHRIMP 方法定年。因此仅仅获得了 7 个测试数据。而 7

个 SHRIMP 定年结果很分散, 具阴极发光特征的锆石核部的表观年龄( $\sim 2567$  Ma,  $\text{Th}/\text{U} = 0.14$ )与其边部的表观年龄( $\sim 2478$  Ma,  $\text{Th}/\text{U} = 0.19$ )差别不大(图 4-f), 显然, 这个古老的锆石属于继承性锆石。在该样品中还测到另外一颗太古宙锆石( $\sim 2546$  Ma,  $\text{Th}/\text{U} = 0.54$ , 图 4-d, 图 5-a)。这是在天山地区首次发现太古宙锆石(尽管天山地区元古宙的继承锆石很普遍<sup>[25]</sup>)。因此, 伊犁—中天山板块应该具有太古宙基底。显然, 为了确认天山太古宙基底的存在, 还需要寻找更多的证据。除了这两个太古宙锆石外, 其他 4 个 SHRIMP 测定结果(表 1)分别为 274 Ma ( $\text{Th}/\text{U} = 2.94$ ), 307 Ma ( $\text{Th}/\text{U} = 1.67$ ), 352 Ma ( $\text{Th}/\text{U} = 0.82$ ) 和 418 Ma ( $\text{Th}/\text{U} = 0.11$ ), 其中

表 1 拉尔敦达坂蚀变玄武岩样品 TS07A 锆石的 SHRIMP 测定结果  
Table 1 SHRIMP data for zircon TS07A from the Laerdundaban altered basalt

|           | $^{206}\text{Pb}/\% \text{U}/10^{-6}$ | $\text{Th}/10^{-6}$ | $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ | $^{206}\text{Pb}/10^{-6}$ | $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ | 误差<br>±% | $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ | 误差<br>±% | 误差<br>校正系数 | $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ | 误差±%    | $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$<br>年龄, Ma | 误差<br>Ma | $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$<br>年龄, Ma | 误差<br>Ma |      |
|-----------|---------------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|----------------------------------|----------|------------|-----------------------------------|---------|--------------------------------------------|----------|---------------------------------------------|----------|------|
| TS07A-1.1 | 0.03                                  | 153                 | 80                               | 0.54                      | 63.7                             | 11.282   | 0.84                             | 0.4848   | 0.62       | 0.734                             | 0.16879 | 0.57                                       | 2548     | ±13                                         | 2545.7   | ±9.6 |
| TS07A-2.1 | 0.02                                  | 2408                | 3890                             | 1.67                      | 101                              | 0.3518   | 0.95                             | 0.04872  | 0.49       | 0.515                             | 0.05237 | 0.82                                       | 306.6    | ±1.5                                        | 302      | ±19  |
| TS07A-3.1 | 0.03                                  | 3947                | 432                              | 0.11                      | 227                              | 0.5104   | 0.61                             | 0.06704  | 0.27       | 0.435                             | 0.55220 | 0.55                                       | 418.3    | ±1.1                                        | 421      | ±14  |
| TS07A-4.1 | 0.47                                  | 1789                | 5087                             | 2.94                      | 67.0                             | 0.3581   | 1.7                              | 0.04341  | 0.40       | 0.229                             | 0.05980 | 1.7                                        | 273.9    | ±1.1                                        | 598      | ±37  |
| TS07A-5.1 | 0.11                                  | 197                 | 36                               | 0.19                      | 81.1                             | 10.71    | 2.0                              | 0.4791   | 0.52       | 0.254                             | 0.16210 | 2.0                                        | 2523     | ±11                                         | 2478     | ±33  |
| TS07A-5.2 | 0.25                                  | 262                 | 37                               | 0.14                      | 111                              | 11.625   | 0.77                             | 0.4933   | 0.52       | 0.670                             | 0.17093 | 0.57                                       | 2585     | ±11                                         | 2566.8   | ±9.6 |
| TS07A-6.1 | 0.10                                  | 8933                | 7132                             | 0.82                      | 431                              | 0.4378   | 1.3                              | 0.05615  | 0.53       | 0.392                             | 0.05655 | 1.2                                        | 352.2    | ±1.8                                        | 474      | ±27  |

表 2 特克斯达坂玄武质安山岩样品 TS08 锆石的 SHRIMP 测定结果  
Table 2 SHRIMP data for zircon TS08 from the Tekesidaban basaltic andesite

|           | $^{206}\text{Pb}/\% \text{U}/10^{-6}$ | $\text{U}/10^{-6}$ | $\text{Th}/10^{-6}$ | $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ | $^{206}\text{Pb}/10^{-6}$ | $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ | 误差±% | $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ | 误差<br>±% | 误差<br>校正系数 | $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$<br>年龄, Ma | 误差,<br>± Ma |
|-----------|---------------------------------------|--------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------------|------|----------------------------------|----------|------------|--------------------------------------------|-------------|
| TS08-1.1  | 1.37                                  | 253                | 161                 | 0.66                             | 13.0                      | 0.433                            | 6.8  | 0.05917                          | 1.6      | 0.241      | 370.6                                      | ± 5.9       |
| TS08-2.1  | 3.26                                  | 149                | 87                  | 0.60                             | 7.56                      | 0.445                            | 14   | 0.0572                           | 2.0      | 0.138      | 358.6                                      | ± 6.8       |
| TS08-3.1  | 6.86                                  | 92                 | 50                  | 0.57                             | 5.23                      | 0.75                             | 21   | 0.0620                           | 2.8      | 0.136      | 388.0                                      | ±11         |
| TS08-4.1  | 2.38                                  | 163                | 109                 | 0.69                             | 8.48                      | 0.481                            | 9.5  | 0.0590                           | 1.8      | 0.192      | 369.3                                      | ± 6.6       |
| TS08-5.1  | 1.65                                  | 163                | 115                 | 0.73                             | 8.20                      | 0.461                            | 7.6  | 0.0574                           | 1.8      | 0.237      | 359.8                                      | ± 6.3       |
| TS08-6.1  | 2.24                                  | 129                | 82                  | 0.66                             | 6.38                      | 0.395                            | 12   | 0.0565                           | 1.9      | 0.169      | 354.1                                      | ± 6.7       |
| TS08-7.1  | 1.88                                  | 130                | 99                  | 0.78                             | 6.41                      | 0.491                            | 10   | 0.0563                           | 1.9      | 0.193      | 353.3                                      | ± 6.6       |
| TS08-8.1  | 0.90                                  | 270                | 219                 | 0.84                             | 13.2                      | 0.416                            | 5.0  | 0.05638                          | 1.6      | 0.325      | 353.6                                      | ± 5.6       |
| TS08-9.1  | 3.69                                  | 322                | 292                 | 0.93                             | 16.7                      | 0.472                            | 12   | 0.0583                           | 1.7      | 0.148      | 365.0                                      | ± 6.2       |
| TS08-10.1 | 11.93                                 | 148                | 99                  | 0.69                             | 19.7                      | 0.71                             | 72   | 0.1359                           | 3.9      | 0.053      | 821.0                                      | ±30         |
| TS08-11.1 | 6.81                                  | 97                 | 49                  | 0.53                             | 5.16                      | 0.59                             | 21   | 0.0577                           | 2.5      | 0.118      | 361.4                                      | ± 8.7       |
| TS08-12.1 | 0.16                                  | 1070               | 961                 | 0.93                             | 50.4                      | 0.4221                           | 2.1  | 0.05477                          | 1.5      | 0.705      | 343.7                                      | ± 4.9       |
| TS08-13.1 | 0.45                                  | 1277               | 1313                | 1.06                             | 61.2                      | 0.422                            | 2.7  | 0.05554                          | 1.4      | 0.536      | 348.5                                      | ± 4.9       |
| TS08-14.1 | 1.51                                  | 370                | 263                 | 0.73                             | 18.9                      | 0.428                            | 5.5  | 0.05850                          | 1.6      | 0.287      | 366.5                                      | ± 5.6       |
| TS08-15.1 | 0.58                                  | 650                | 356                 | 0.57                             | 34.0                      | 0.478                            | 3.5  | 0.06048                          | 1.5      | 0.432      | 378.6                                      | ± 5.5       |
| TS08-16.1 | 2.98                                  | 119                | 99                  | 0.86                             | 6.08                      | 0.532                            | 14   | 0.0577                           | 2.1      | 0.146      | 361.5                                      | ± 7.2       |
| TS08-17.1 | 1.10                                  | 382                | 268                 | 0.73                             | 19.3                      | 0.449                            | 4.7  | 0.05836                          | 1.7      | 0.364      | 365.6                                      | ± 6.0       |
| TS08-18.1 | 1.56                                  | 381                | 506                 | 1.37                             | 20.0                      | 0.482                            | 7.9  | 0.06004                          | 1.6      | 0.202      | 375.8                                      | ± 5.9       |

注:表 1,表 2 均由北京离子探针中心 SHRIMP II 测定, Common Pb corrected using measured  $^{204}\text{Pb}$ 。

3个落在 U-Pb 谐和线上, 最小年龄值的测点 (具有极高的 Th/U 比, 2.94) 没有落到 U-Pb 谐和线上 (图 5-b), 可能是 Pb 丢失的结果。由于该火山岩样品经历了明显的蚀变, 其中的锆石在蚀变过程中被改造。尽管点号 TS07A-2.1 代表的表观年龄 (~307 Ma) 落在 U-Pb 谐和线上, 也不能反映该火山岩的喷发时代, 而相对较老的两个年龄 (352 Ma 和 418 Ma) 应该被解释成一种混合年龄, 尤其是 418 Ma 的锆石具有很低的 Th/U 比 (0.11), 应该是变质成因的锆石而非岩浆结晶锆石。覆盖在该样品之上的新鲜粗面安山岩中锆石 SHRIMP 年龄为 ~313 Ma<sup>[2]</sup>, 因此, 该蚀变火山岩的形成年龄应该大于 313 Ma。这个火山剖面没有沉积间断 (样品 TS07A 到 TS-02

之间均为火山熔岩, 图 4-a), 所以, ~313 Ma 可代表该地区火山开始喷发的时代。

在西天山西段特克斯达坂北坡 (巩留—特克斯公路路标 89~90 km 处的路边采石场) 采集的样品 TS08 位于该地区火山岩剖面的中间位置 (图 6-a)。该样品属于玄武质安山岩, 样品经历了微弱的热液蚀变, 局部出现黄铁矿化。从该样品中分选出的锆石具有典型的岩浆环带, 大部分锆石颗粒形状不规则, 其大小一般为 60  $\mu\text{m}$  × 100  $\mu\text{m}$  (图 6-b-h)。对这些锆石的 SHRIMP 测定结果 (表 2, 图 7) 可以看出, 除测点 TS08-12.1 和 TS08-13.1 具有极高的 U (分别为  $1070 \times 10^{-6}$  和  $1277 \times 10^{-6}$ ) 和 Th 含量 (分别为  $961 \times 10^{-6}$  和  $1313 \times 10^{-6}$ ) 外, 其他测点的 U

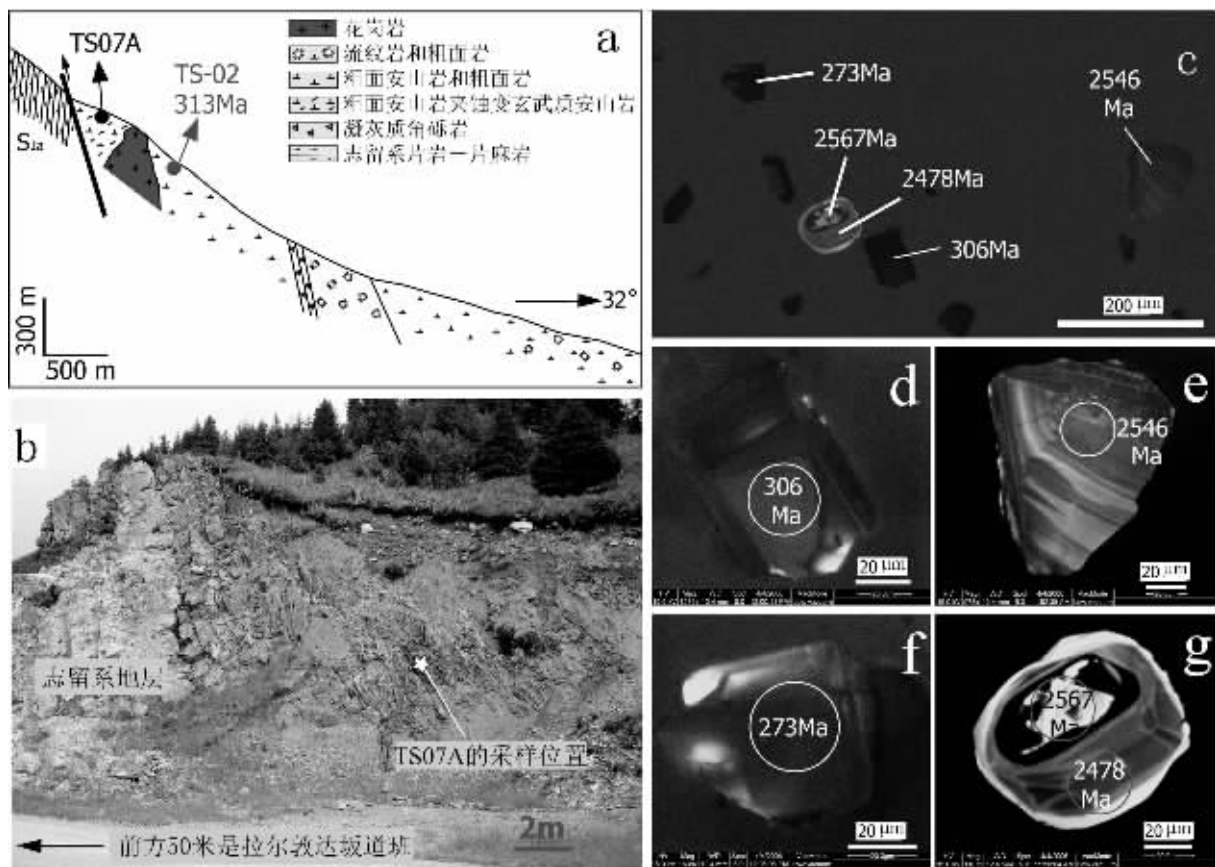


图 4 拉尔敦达坂北坡的火山岩剖面

a—样品 TS07A 采样点;b—样品 TS07 采样位置照片;c—f—样品 TS07A(蚀变玄武岩)中锆石的 CL 图像

Fig. 4 Section of the volcanic rocks on the northern slope of the La'erdun Daban(means mountain in Uyгур);

a—Location of the sample TS07A;b—photo of the location of the sample c TS07A;a—c—CL images of zircons in sample TS07A (altered basalt)

( $92 \times 10^{-6} \sim 650 \times 10^{-6}$ ) 和 Th 含量 ( $49 \times 10^{-6} \sim 506 \times 10^{-6}$ ) 相对比较集中。测点 TS08-12.1 和 TS08-13.1 的  $^{206}\text{Pb}$  含量也异常高 (分别为  $50.4 \times 10^{-6}$  和  $61.2 \times 10^{-6}$ ), 这些特征表明, 两个锆石颗粒很可能经历了后期的改造, 它们也因此给出了相对较小的表观年龄 (分别为 343.7 Ma 和 348.5 Ma)。所以, 在数据处理时扣除这两个测点的影响。另外, 在计算平均年龄时还要扣除具有明显偏高表观年龄的 3 个测点 (TS08-3.1, TS08-10.1 和 TS08-15.1), 因为这些偏老的测定结果很可能是锆石边部与其核部的混合结果。对其余 13 个测点的数据加权平均后得到的平均年龄为  $(363.1 \pm 3.5)\text{Ma}$  (MSWD = 1.3, 图 7-b-c, 数据处理方法依据文献<sup>[23]</sup>)。这个年龄应该代表该火山岩样品的形成年龄。然而, 这个年龄只能近似代表该地区本次火山喷发旋回的最晚时代, 因为所采样品位于火山熔岩剖面的中部位置而非剖面底部 (图 6-a), 所以, 该地区的本次火山喷发时代应该老于 363 Ma。

## 5 结论与讨论

基于上述前人资料和本文的锆石 SHRIMP 年代学研究结果, 西天山“大哈拉军山组”火山岩不是一期地质事件的产物。分布在不同地区火山岩的形成时代差别巨大, 从西天山东段拉尔敦达坂一带的晚石炭世 (~313 Ma)、新源城南的早石炭世 (~354 Ma) 一直变化到西天山西段巩留—特克斯地区的晚泥盆世 (>363 Ma)。而且, 不同地区火山岩的岩石组合 (图 3) 和火山熔岩的地球化学特征截然不同<sup>[9]</sup>。西天山东段晚石炭世火山熔岩高度富钾并且具有碰撞后岩浆岩的特征, 而西天山中—西段的早石炭世火山岩具有典型大陆弧岩浆的地球化学特征以及岩石组合<sup>[12,19]</sup>。基于这些资料, 故建议解体著名的“大哈拉军山组”。

西天山东段拉尔敦达坂一带出露的所谓“大哈拉军山组”火山岩其实是晚石炭世火山作用的产物, 已经不适合继

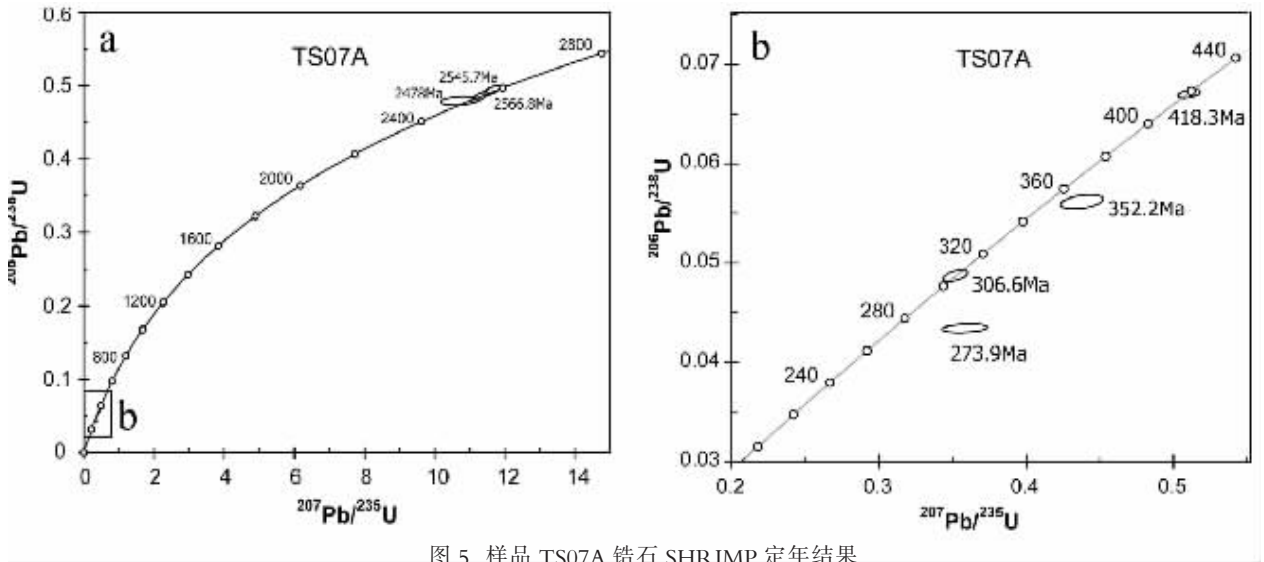


图5 样品 TS07A 锆石 SHRIMP 定年结果

Fig. 5 Zircon SHRIMP dating of sample TS07A

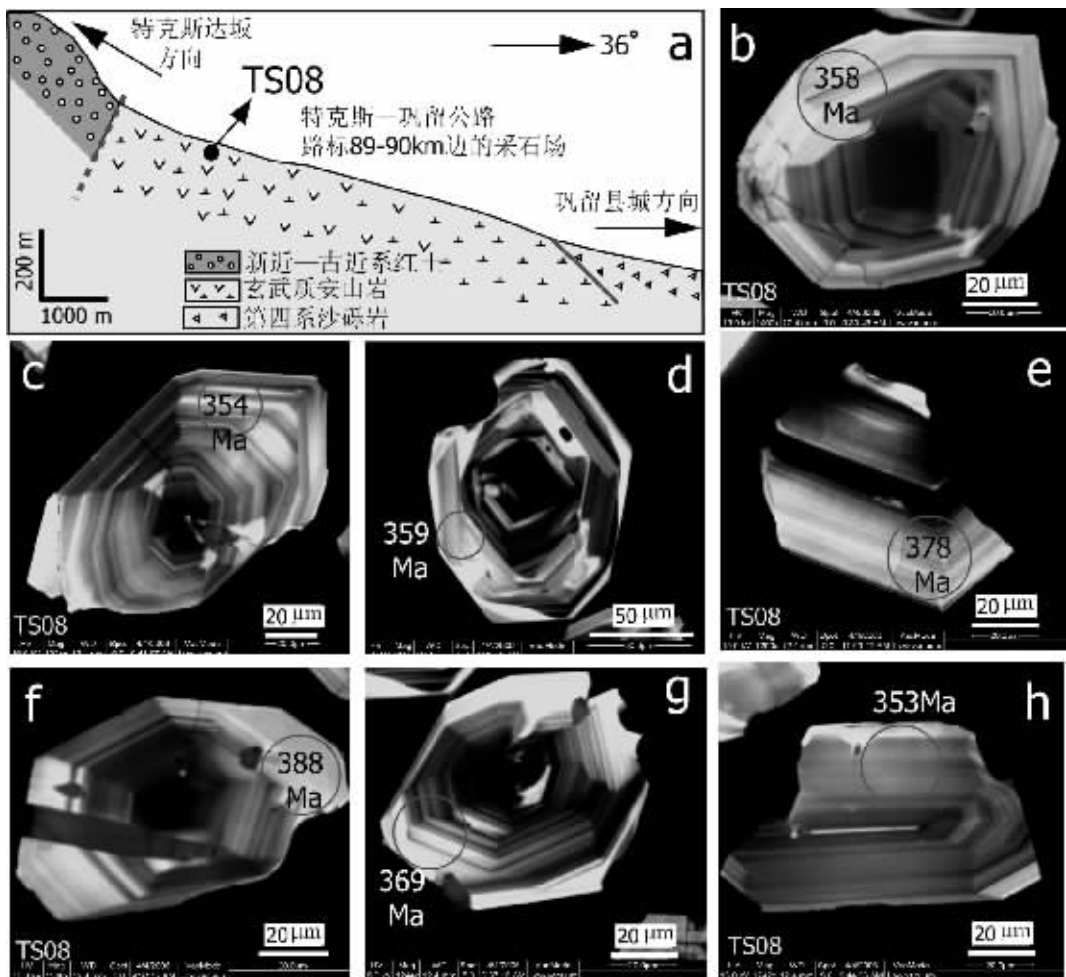


图6 特克斯达坂北坡的火山岩剖面

a—样品 TS08 的采集位置;b—h—样品 TS08(玄武质安山岩)中锆石的 CL 图像

Fig. 6 Section of volcanic rocks on the northern slope of the Tekes Daban  
a—Location of sample TS08;b—h—CL images of zircons in sample TS08 (basaltic andesite)



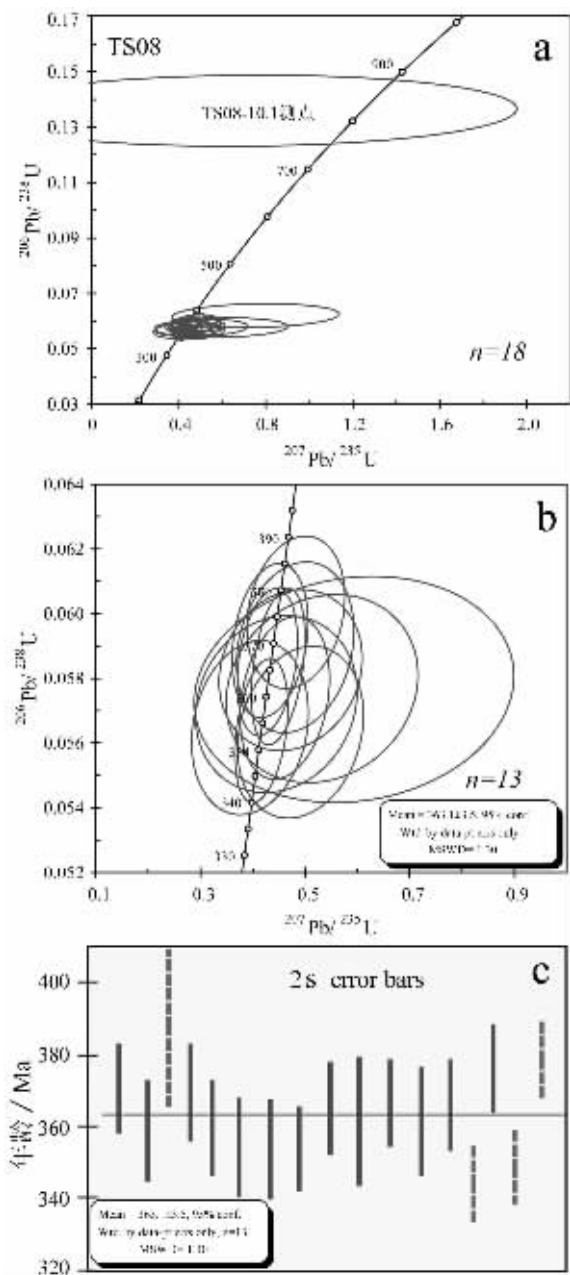


图 7 样品 TS08 锆石的 SHRIMP 定年结果  
Fig. 7 Zircon SHRIMP dating of sample TS08

续使用“大哈拉军山组”这个名称,建议创名“拉尔敦达坂组”(该套火山-沉积岩的组成与伊什基里克组完全不同,所以不能归并到伊什基里克组中)。新源城南的大片火山-沉积岩由于其底部属于早石炭世,符合最初定义“大哈拉军山组”的原意,建议对该地区的火山-沉积岩依然使用“大哈拉军山组”(但可能仅限于该地层剖面下部岩石出露的区域,因为这个剖面很厚,火山喷发旋回多达 6 个,推测剖面上部的火山岩是晚石炭世火山喷发的产物,这需要进一步详细的年代学研究予以确认)。西天山西段大面积出露的“大哈拉军山组”火

山岩-沉积岩则更复杂,原始创名剖面(特克斯南大哈拉军山一带)分布的火山-沉积岩暂时依然归并为早石炭世并使用“大哈拉军山组”的名称,但其北部大面积分布(昭苏北-特克斯-巩留一带,并一直到西北天山阿希金矿)的火山-沉积岩不应该归并到“大哈拉军山组”中,因为这些地区的火山岩形成于晚泥盆世而不是以前认为的早石炭世。建议使用一个新的地层单元描述这个地区广泛出露的该套火山-沉积地层。由于这套地层在特克斯达坂一带很发育,建议用“特克斯达坂组”表述分布在西天山西段的晚泥盆世火山-沉积地层。

致谢:笔者与广州地球化学研究所赵振华研究员和北京大学何国琦教授深入讨论过有关问题,特此致谢。

参考文献 (References):

- [1] 新疆地质矿产局. 新疆维吾尔自治区区域地质志[M].北京:地质出版社,1993. 1~841.  
Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang. Regional Geology of Xinjiang Uygur Autonomous Region [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993. 1~841 (in Chinese with English Abstract).
- [2] 郭璇,朱永峰. 新疆新源县城南石炭纪火山岩岩石学和元素地球化学研究[J]. 高校地质学报,2006, 12:62~73.  
Guo Xuan, Zhu Yongfeng. Petrological and geochemical characteristics of the Carboniferous volcanic rocks, south of the Xinyuan county, Xinjiang [J]. Geological Journal of China Universities, 2006, 12:62~73 (in Chinese with English Abstract).
- [3] 车自成,刘洪福,刘良,等. 中天山造山带的形成与演化[M]. 北京:地质出版社,1994. 1~135.  
Che Zicheng, Liu Hongfu, Liu Liang, et al. Formation and evolution of the Central Tianshan Orogenic Belt [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994. 1~135 (in Chinese).
- [4] 车自成,刘良,刘洪福,等. 论伊犁古裂谷[J]. 岩石学报,1996, 12(3):478~490.  
Che Zicheng, Liu Liang, Liu Hongfu, et al. Review on the ancient Yili rift, Xinjiang, China [J]. Acta Petrologica Sinica, 1996, 12(3): 478~490 (in Chinese with English Abstract).
- [5] 何国琦,李茂松,刘德权,等. 中国新疆古生代地壳演化及成矿[M]. 香港:文化教育出版社,1994. 1~437.  
He Guoqi, Li Maosong, Liu Dequan, et al. Paleozoic Crustal Evolution and Mineralization in Xinjiang, China [J]. HongKong: Educational and Cultural Press Ltd., 1994. 1~437 (in Chinese).
- [6] 何国琦,成守德,徐新,等. 中国新疆及邻区大地构造图 1:1500000 [M]. 北京:地质出版社,2005.  
He Guoqi, Cheng Shoude, Xu Xin, et al. An Introduction to the Explanatory Text of the Map of Tectonics of Xinjiang and its Neighbouring Area 1:1500000 [M]. Beijing:Geologic Publish House, 2005 (in Chinese with English abstract).
- [7] 王宝瑜,郎智君,李向东,等. 中国天山西段地质剖面综合研究[M]. 北京:科学出版社,1994. 1~202.  
Wang Baoyu, Liang Zhijun, Li Xiangdong, et al. Comprehensive

- Survey of Geological Sections in the West Tianshan of Xinjiang, China [M]. Beijing: Science Press, 1994. 1~202 (in Chinese).
- [8] 姜常义, 吴文奎, 张学仁, 等. 从岛弧向裂谷的变迁—来自阿吾拉勒地区火山岩的证据[J]. 岩石矿物学杂志, 1995, 14: 289~300.
- Jiang Changyi, Wu Wenkui, Zhang Xueren, et al. The change from island arc to rift valley—evidence from volcanic rocks in Awulale area [J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 1995, 14: 289~300 (in Chinese with English abstract).
- [9] 夏林圻, 张国伟, 夏祖春, 等. 天山古生代洋盆开启、闭合时限的岩石学约束—来自震旦纪、石炭纪火山岩的证据 [J]. 地质通报, 2002, 21(2): 55~62.
- Xia Linqi, Zhang Guowei, Xia Zuchun, et al. Constraints on the timing of opening and closing of the Tianshan Paleozoic oceanic basin: evidence from Sinian and Carboniferous volcanic rocks [J]. *Geological Bulletin of China*, 2002, 21(2): 55~62 (in Chinese).
- [10] 夏林圻, 夏祖春, 徐学义, 等. 天山石炭纪大火成岩省与地幔柱 [J]. 地质通报, 2004, 23: 903~910.
- Xia Linqi, Xia Zuchun, Xu Xueyi, et al. Carboniferous Tianshan igneous megaprovince and mantle plume [J]. *Geological Bulletin of China*, 2004, 23: 903~910 (in Chinese with English Abstract).
- [11] 肖序常, 刘训, 高锐. 中国新疆天山—塔里木—昆仑山地学断面说明书[M]. 北京: 地质出版社, 2004. 1~89.
- Xiao Xuchang, Liu Xun, Gao Rui. (Eds.). *Geotranssect of Tianshan - Tarim - Kunlunshan, Xinjiang, China* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2004. 1~89 (in Chinese).
- [12] 朱永峰, 张立飞, 古丽冰, 等. 西天山石炭纪火山岩 SHRIMP 年代学及其微量元素地球化学研究 [J]. 科学通报, 2005, 50: 2004~2014.
- Zhu Yongfeng, Zhang Lifei, Gu Libing, et al. The zircon SHRIMP chronology and trace element geochemistry of the Carboniferous volcanic rocks in western Tianshan Mountains [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2005, 50: 2201~2212.
- [13] 朱永峰, 周晶, 张立飞. 新疆西天山“大哈拉军山组”火山岩的 SHRIMP 年代学研究 [A]. 2005 年全国岩石学与地球动力学研讨会论文摘要集 [C]. 2005, 394~396.
- Zhu Yongfeng, Zhou Jing, Zhang Lifei. The zircon SHRIMP chronology of the Dahalajunshan Group in west Tianshan, Xinjiang [A]. *Abstracts of Petrology and Geodynamics Meeting* [C]. 2005, 394~396 (in Chinese).
- [14] 刘友梅, 杨蔚华, 高计元. 新疆特克斯县林场大哈拉军山组火山岩年代学研究 [J]. 地球化学, 1994, 23: 99~104.
- Liu Youmei, Yang Weihua, Gao Jiyuan. Study on isotopic age of Dahalajunshan formation in Tekesi forestry of Xinjiang [J]. *Geochimica*, 1994, 23: 99~104 (in Chinese with English abstract).
- [15] 李向东. 中国天山西段及邻区大地构造格架和演化 [M]. 新疆第三届天山地质矿产学术讨论会论文集, 1995, 26~33.
- Li Xiangdong. The Tectonic Texture and its Evolution of the Chinese West Tianshan Mountains [M]. In: *the 3th Geology and Mineral Deposits in Tianshan Mountains of Xinjiang*, 1995, 26~33.
- [16] 赵振华, 白正华, 熊小林, 等. 西天山北部晚古生代火山—浅侵位岩浆岩  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  同位素定年 [J]. 地球化学, 2003, 32(4): 317~327.
- Zhao Zhenhua, Bai Zhenghua, Xiong Xiaolin, et al.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  chronological study of Late Paleozoic volcanic—hypabyssal igneous rocks in western Tianshan, Xinjiang [J]. *Geochimica*, 2003, 32(4): 317~327 (in Chinese with English abstract).
- [17] 翟伟, 高俊, 孙晓明, 等. 新疆阿希金矿赋矿围岩—大哈拉军山组火山岩锆石 SHRIMP 年龄 [J]. 岩石学报, 2006, 22(5): 1399~1406.
- Zhai Wei, Gao Jun, Sun Xiaoming, et al. The Wallrocks of the Axi gold deposit - Dahalajunshan Group: its zircon SHRIMP dating [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2006, 22(5): 1399~1406.
- [18] 朱永峰, 何国琦. 西南天山大地构造框架与早石炭世火山活动 [A]. 见: 何国琦, 徐新主编. 中国新疆天山地质与矿产论文集 [C]. 北京: 地质出版社, 2004. 29~39.
- Zhu Yongfeng, He Guoqi. The Early Carboniferous volcanism and tectonic frame in the southwest Tianshan Mountains [A]. In: He Guoqi, Xu Xin (eds.). *The Collected Papers on Geology and Minerals of Tianshan Mountain, Xinjiang Area, China* [C]. Beijing: Geological Publishing House, 2004. 29~39 (in Chinese with English abstract).
- [19] 朱永峰, 郭璇, 周晶. 西天山石炭纪火山岩的岩石学及 Sr-Nd 同位素地球化学研究 [J]. 岩石学报, 2006, 22(5): 1341~1350.
- Zhu Yongfeng, Guo Xuan, Zhou Jing. The Petrology and Sr-Nd isotopic geochemistry of the Carboniferous volcanic rocks in the western Tianshan Mountains, NW China [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2006, 22(5): 1341~1350.
- [20] 新疆维吾尔自治区区域地层表编写组. 新疆区域地层表 [M]. 北京: 地质出版社, 1981. 1~496.
- Complication Team of Regional Stratigraphic Table of Xinjiang Uygur Autonomous Region. *Regional Stratigraphic Table of Xinjiang* [J]. Beijing: Geological Publishing House, 1981. 1~496.
- [21] 新疆地质矿产局地质矿产研究所. 新疆古生界 [M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1991. 1~482.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang. *The Palaeozoic Erathem of Xinjiang* [M]. Urumqi: People's Publishing House of Xinjiang, 1991. 1~482.
- [22] 朱永峰, 宋彪. 新疆天格尔糜棱岩化花岗岩的岩石学及其 SHRIMP 年代学研究: 兼论花岗岩中热液锆石边的定年 [J]. 岩石学报, 2006, 22(1): 135~144.
- Zhu Yongfeng, Song Biao. Petrology and SHRIMP chronology of mylonitized Tianger granite, Xinjiang: also about the dating on hydrothermal zircon rim in granite [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2006, 22(1): 135~144 (in Chinese with English abstract).
- [23] 宋彪, 张拴宏, 王彦斌, 等. 锆石 SHRIMP 年龄测定数据处理时系统偏差的避免—标准锆石分段校正的必要性 [J]. 岩石测试, 2006, 25(1): 9~14.
- Song Biao, Zhang Shuanhong, Wang Yanbin, et al. Avoidance of systematic bias SHRIMP zircon U-Pb dating: necessity of staged calibrations [J]. *Rock and Mineral Analysis*, 2006, 25(1): 9~14 (in Chinese with English abstract).

## Age of the “Dahalajunshan” Formation in Xinjiang and its disintegration

ZHU Yong-feng<sup>1</sup>, ZHOU Jing<sup>1</sup>, SONG Biao<sup>2</sup>, ZHANG Li-fei<sup>1</sup>, GUO Xuan<sup>1</sup>

(1. *Key Laboratory of Orogenic Belts and Crustal Evolution, Ministry of Education, China; School of Earth and Space Science, Peking University, Beijing 100871, China*; 2. *Beijing SHRIMP Center, Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China*)

**Abstract:** Based on previous research and zircon SHRIMP data, the authors suggest that the "Dahalajunshan Formation" should be disintegrated into several different formations. They establish a new formation named the "Laerdun Daban Formation" for the volcanic rocks exposed in the Laerdun Daban in the eastern segment of the West Tianshan, which are thought to be the product of Late Carboniferous volcanism. The "Dahalajunshan Formation" will still be used for the Early Carboniferous volcanic-sedimentary rocks south of Xinyuan City. The volcanic rocks of the "Dahalajunshan Formation" exposed extensively in the western segment of the West Tianshan Mountains are relatively complex. Thus the name "Dahalajunshan Formation" will continue to be temporarily used for the Early Carboniferous volcanic-sedimentary rocks in the Dahalajunshan area south of Tekes where the original naming section of the "Dahalajunshan Formation" is distributed. The volcanic rocks distributed extensively in the northern part (northern Zhaosu-Tekesi-Gongliu-Axi gold mine area) formed in the Late Devonian rather than in the Early Carboniferous as previous believed. Therefore the authors suggest that a new name—the "Tekes Daban Formation"—be used for this suite of Late Devonian volcanic-sedimentary rocks.

**Key words:** Xinjiang; Dahalajunshan Group; Carboniferous; Devonian; volcanic rocks; zircon SHRIMP; western Tianshan Mountains

---

**About the first author:** ZHU Yong-feng, male, born in 1965, professor and director of doctor candidates with Peking University, mainly engages in research on chemical geodynamics, petrology and mineral deposit geology; E-mail: yfzhu@pku.edu.cn.