

# 青海锡铁山地区滩间山群的地质特征 及同位素年代学

赵风清 郭进京 李怀坤

(中国地质调查局天津地质矿产研究所 天津 300170)

**摘要** 滩间山群是指出露于青藏高原北部柴达木盆地北缘的一套早古生代的浅变质火山岩-沉积岩地层。变质火山岩主要由玄武岩、玄武安山岩组成,夹少量变质英安岩。变质沉积岩主要由绢云片岩、含炭绢云片岩、大理岩以及砂岩、砾岩组成。前人认为这套地层的时代为晚奥陶世。野外地质研究发现,这套地层遭受多期强烈构造变形和低绿片岩相变质作用的改造。同位素年代测试显示,其中变质英安岩的单颗粒锆石U-Pb测年的上交点年龄为 $(953\pm 27)\text{Ma}$ ,下交点年龄为 $(486\pm 13)\text{Ma}$ ,结合锆石形态特征以及区域地质资料分析,认为滩间山群的时代应为早奥陶世。

**关键词** 锆石U-Pb年龄;大陆裂谷;滩间山群;青藏高原

中图分类号 P534.42;P597 文献标识码 A 文章编号 1671-2552(2003)01-0028-04

滩间山群分布于柴达木盆地北缘塞什腾山、绿梁山、锡铁山,总体呈北西向展布,是一套遭受低绿片岩相变质作用改造的以玄武岩、玄武安山岩为主的变质火山-沉积地层。滩间山群与下伏的达肯大坂杂岩之间常表现为糜棱岩化带接触,上部被泥盆纪牦牛山组角度不整合覆盖,前人有的将其时代划归为晚奥陶世<sup>[1]</sup>,并认为是单斜地层,有的认为柴达木盆地北缘的早古生代火山岩代表古洋壳的蛇绿岩套<sup>[2]</sup>。笔者等近年的研究表明,滩间山群遭受了十分强烈的褶皱变形,总体上呈复式向斜构造。从该群的野外地质特征、岩石组合以及地球化学分析,滩间山群可能形成于大陆裂谷环境。滩间山群的已有研究主要集中在矿床学、岩石学、地球化学方面<sup>[3]</sup>,相比之下对该群同位素年代学的研究相对比较匮乏。笔者等野外研究发现,锡铁山地区的滩间山群早期褶皱为复杂的复式向斜,单颗粒锆石U-Pb同位素年龄为 $(486\pm 13)\text{Ma}$ ,时代为早奥陶世。

## 1 地质背景

分布于锡铁山和绿梁山一带的滩间山群地层

出露较为齐全,是一套变形改造强烈的变质地层,主体为变质火山岩-大理岩-片岩建造。该群的下部为一套双峰式变质火山岩建造,岩性以绿泥片岩、绿帘绿泥片岩、角闪绿泥片岩为主,夹中酸性火山岩(变英安岩),具双峰式火山岩建造的特点,向上为白云质大理岩、绢云片岩、炭质片岩,而最上部的砂砾岩(原划为泥盆系)构成褶皱的核部。滩间山群的岩石已遭受低绿片岩相动力变质作用的改造。

对锡铁山矿区滩间山群的野外研究发现,原划为泥盆系的地层主要由杂砂岩、砂岩、砾岩组成,原认为底砾岩的岩石并非底砾岩,据岩石组合分析为浊积岩,保留鲍马序列的TABC段。砾岩有多层,砾岩中的砾石以火山岩、大理岩、炭质板岩为主,砾石的大小不等,分选和磨圆较差,是浅水斜坡相产物。通过对砾岩产状的追索发现,滩间山群主体是向斜构造,近等斜,轴面近直立,枢纽近水平。

滩间山群与达肯大坂群之间为韧性剪切带接触。在锡铁山矿区剪切带的产状为:倾向 $60^\circ\sim 70^\circ$ ,倾角 $65^\circ\sim 75^\circ$ 。剪切褶皱以及剪切组构显示,北盘的达肯大坂群由北东向南西逆冲于滩间山群之上<sup>[4]</sup>。

收稿日期 2001-11-10;修订日期 2002-12-01

基金项目 地质矿产部人才基金项目(9820)和中国地质调查局攻关项目(950200803)资助。

作者简介 赵风清,1961年生,男,研究员,从事前寒武纪地质和地球化学研究。

锡铁山地区的滩间山群由于受一系列北西向高角度脆性冲断层的影响,地层出露不完整,倾向和倾角变化也较大。据岩石组合及标志层展布特征分析,滩间山群主体为向斜构造,从其内部发育的构造形迹分析,该群至少经历了两期变形。

第一期变形为韧性变形。这次变形的构造形迹包括绿泥石英片岩、绿泥斜长片岩、绢云绿泥石英片岩等片岩中的片理和片内不对称褶皱,大理岩中的流变褶皱和变酸性火山岩中的褶皱窗棂构造。通过对标志层产状的追索,该期褶皱比较紧闭,褶皱的样式为大型的复式向斜。

第二期变形为韧脆性变形,随岩性变化表现形式各异,在片岩中常表现为折劈,在成分较均匀的厚层变中基性火山岩中表现为密集的膝折带,在条带状或薄层状的岩石中则表现为挠曲。一般为两组共轭破裂,一组产状为 $135^{\circ}\angle 65^{\circ}$ ,另一组产状为 $315^{\circ}\angle 70^{\circ}$ 。这些破裂常为白色方解石脉所充填而愈合。这两组破裂与层面都呈大角度相交甚至直交,显示出北西—南东向垂直层(片)挤压缩短。

锡铁山地区滩间山群片理多向北东陡倾,褶皱枢纽呈稳定的北西向,产状为 $320^{\circ}\angle 35^{\circ}$ ,滩间山群与达肯大坂杂岩之间韧性剪切带面理的产状为 $60^{\circ}\angle 70^{\circ}$ ,与滩间山群的片理平行一致,矿物拉伸线理产状为 $150^{\circ}\angle 40^{\circ}\sim 50^{\circ}$ ,与滩间山群内部的褶皱枢纽(B线理)交角近 $90^{\circ}$ ,从运动学上正好相配套。

不整合覆盖在滩间山群之上的泥盆纪地层未发生褶皱,砾岩中的滩间山群火山岩砾石中见有上述两期变形的构造形迹,因此滩间山群的两期变形

发生在泥盆纪之前。如果把滩间山群的变形看做一次碰撞造山作用的地质纪录,那么泥盆纪砾岩的出现标志着柴北缘加里东期碰撞造山作用的终结。

从滩间山群岩石组合的变化分析,下部为双峰式火山岩建造,上部为大理岩—绢云片岩—含炭绢云片岩组合。上部的沉积岩石组合为浅水的陆相沉积建造,含炭绢云母片岩为相对封闭的滞留沉积环境,下部的火山岩具有双峰式建造特点。从岩石组合和地质背景分析,滩间山群不是形成于古洋壳的蛇绿岩套,而可能为形成于大陆边缘裂解构造环境下的产物。变质玄武岩主体具中等—强烈轻重稀土分异程度,较高的稀土总量<sup>[2,3]</sup>,表明滩间山群的基性火山岩可能来源于亏损地幔,受到强烈的地壳混染。

## 2 锡铁山矿区火山岩的形成时代

样品BQ97136采自锡铁山矿区滩间山群剖面,为变质英安岩。采样地点露头较好,火山岩的组构保留较好。分选出的锆石为紫红色透明短柱状晶体和紫红色半透明浑圆状晶体,表面遭受强烈熔蚀作用,发育大量熔蚀凹坑。

样品由天津地质矿产研究所同位素实验室测定,测试方法使用单颗粒锆石U—Pb法。锆石的溶解方法是在高温高压条件下用氢氟酸分解锆石,采用<sup>205</sup>Pb和<sup>208</sup>Pb混合稀释剂在VG354质谱仪上进行U—Pb同位素成分测定,实验室全流程Pb空白为0.030~0.050 ng, U空白为0.002~0.004 ng。结果见表1。

所测定的变质英安岩中3粒锆石的U—Pb同位素数据点构成一条线性很好的不一致线,上交点年龄为 $(953\pm 27)$ Ma,下交点年龄为 $(486\pm 13)$ Ma(表1,图2)。2、3号点都是谐和的数据点,2号点的<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U表面年龄为 $(483\pm 7)$ Ma,3号点的<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb表面年龄为 $(951\pm 16)$ Ma,分别与不一致线和谐线的下交点年龄和上交点年龄相一致。

## 3 讨论

从野外地质背景分析,滩间山群为一套低绿片岩相变质的火山岩—沉积岩建造,与下伏的达肯大坂群呈构造接触,其上被未变质的泥盆纪地层不整合覆盖。达肯大坂群为高绿片岩相—低角闪岩相变质的以花岗质片麻岩为主的岩石组合。笔者等(2001)在达肯大坂杂岩中获得的同造山花岗岩的年龄为1000~800 Ma,后造山花岗岩的年龄为

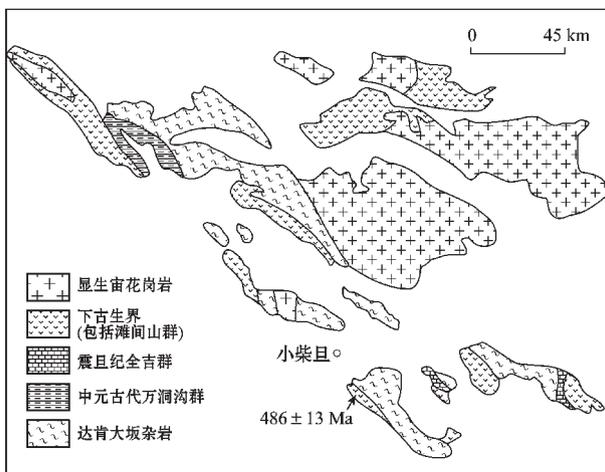


图1 柴达木盆地北缘地质略图

Fig. 1 Geological sketch map of the Qaidam basin

表 1 锡铁山矿区滩间山群变英安岩(BQ97136)锆石 U-Pb 同位素年龄分析结果

Table 1 Zircon U-Pb age data from meta-dacites(BQ97136) of the Tanjianshan Group in the Xititeshan mining area

样品情况		浓度		普通铅	同位素原子比率*					表面年龄/Ma			
点号	锆石特征	重量 ( $\mu\text{g}$ )	U ( $\mu\text{g/g}$ )	Pb ( $\mu\text{g/g}$ )	含量 (ng)	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$
1	紫红色透明短柱状晶体	10	544	50	0.003	11204	0.05625	0.09554 (97)	0.8144 (93)	0.06182 (28)	588.2	604.9	668.0
2	紫红色透明短柱状晶体	25	207	17	0.005	5179	0.1599	0.07772 (107)	0.6072 (106)	0.05666 (55)	482.5	481.8	478.5
3	紫红色半透明浑圆状晶体	10	320	49	0.007	4597	0.03747	0.1587 (22)	1.549 (26)	0.07078 (56)	949.4	949.9	951.2
测定结果		1~3号点拟合成的不一致线上交点年龄(953±27)Ma,下交点年龄(486±13)Ma;2号点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄(483±7)Ma;3号点的 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 表面年龄(951±16)Ma											

注:  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  已对试验空白(Pb=0.050ng, U=0.002ng)及稀释剂进行了校正,括弧内数字为 $2\sigma$ 绝对误差

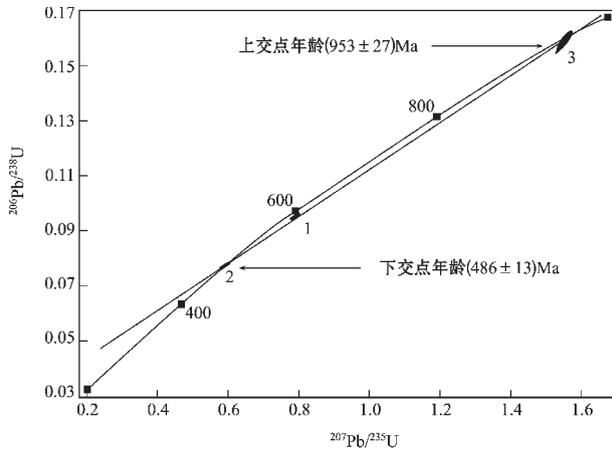


图2 锡铁山矿区滩间山群变英安岩(BQ97136)锆石U-Pb同位素年龄谐和图

Fig. 2 Zircon U-Pb concordia diagram of meta-dacites (BQ97136) of the Tanjianshan Group in the Xititeshan mining area

750 Ma<sup>[5]</sup>,野外地质观察滩间山群并未遭受这期构造热事件的改造,因此限定滩间山群的时代晚于750 Ma。从地质背景分析,上交点年龄(953±27)Ma不能代表滩间山群变质英安岩的成岩年龄,采用下交点年龄(486±13)Ma作为滩间山群酸性火山岩的形成年龄比较切合地质事实。位于上交点处3号点的锆石为浑圆状、半透明,很可能是继承锆石,是从火山岩的源岩中残留下来的,或是岩浆上升过程中从围岩中捕获的。因此,其年龄反映的是火山岩源岩或围岩的年代信息;位于中部1号点的锆石可能是火山岩浆在冷凝结晶过程中在较老的继承锆石基础上增

生的结果,它所反映出的是二者混合的年龄信息,或者反映先存锆石受后期热事件改造同位素体系发生铅丢失的结果;位于下交点处的2号点,可能完全是在火山岩浆冷凝结晶过程中形成的,其年龄即代表火山岩形成时代。滩间山群单颗粒锆石U-Pb测年结果揭示出滩间山群形成时代应该为早奥陶世,并非晚奥陶世。

滩间山群的岩石组合和地质特征表明滩间山群不是形成于古洋壳的蛇绿岩套,下部的双峰式火山岩建造形成于板内构造环境,上部的变质陆源沉积岩(绢云片岩、炭质绢云片岩)以及大理岩的岩石组合表明滩间山群可能形成于大陆或陆缘浅水沉积环境,火山岩的地球化学特点揭示出基性火山岩的侵入过程可能遭受过地壳的混染作用改造。综上所述,推断滩间山群可能形成于大陆裂谷环境。

新元古代晚期—早古生代的地质演化是在全吉运动已经汇聚的大陆基础上发生裂解的产物,沿锡铁山—绿梁山出露的早古生代变质火山岩—沉积岩是全吉运动汇聚的大陆又发生裂解的产物,而其遭受的变形—变质作用是加里东期汇聚的记录,沿柴达木盆地北缘发育的大型北西向韧性剪切带是加里东期汇聚造山的地质记录<sup>[4,6]</sup>。使用单颗粒锆石U-Pb测年方法获得的滩间山群变质英安岩的年龄(486±13)Ma代表了裂解发育阶段的时期,滩间山群与上覆泥盆纪牦牛山组之间的角度不整合接触关系是柴达木盆地北缘加里东运动汇聚的地质记录。

## 参考文献:

- [1] 青海省地质矿产局. 青海省区域地质志[M] 北京:地质出版社,1991.
- [2] 赖绍聪,邓晋福,赵海玲,等. 青藏高原北缘火山作用与构造演化[M] 西安:陕西科学技术出版社,1996.
- [3] 郭介人. 青海锡铁山块状硫化物矿床地质特征[J] 矿床地质, 1985, 4(2):1~12.
- [4] 郭进京. 柴北缘锡铁山地区滩间山群构造变形分析[J] 前寒武纪研究进展, 2000, 23(3):147~152.
- [5] Zhao Fengqing. Neoproterozoic granitoids along Central China Orogenic Belt: Implication for assembly and breakup of Rodinia in China[J] Gondwana Research, 2001, 4:842.
- [6] 赖绍聪,邓晋福,杨建军,等. 柴达木北缘发现大型韧性剪切带[J] 现代地质, 1993, 7(1):125.

## Geological characteristics and isotopic age of Tanjianshan Group along northern margin of Qaidam basin

ZHAO Fengqing GUO Jinjing LI Huaikun

(Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, China Geological Survey, Tianjin 300170, China)

**Abstract:** The Tanjianshan Group refers to a Early Paleozoic low-grade metamorphic volcanic-sedimentary suite exposed along the northern margin of the Qaidam basin in the northern Qinghai-Tibet Plateau. The metamorphic volcanic rocks are composed mainly of basalts and basaltic andesites with some dacites. The metamorphic sedimentary rocks consist dominantly of sericite schists, carbonaceous sericite schists and marbles, as well as metasandstones and conglomerates. Field geological studies of the Tanjianshan Group suggest that the rocks have undergone polyphase strong tectonic deformation and low greenschist facies metamorphism. Single zircon U-Pb dating gives an upper intercept age of  $953 \pm 27$  Ma and a lower intercept age of  $486 \pm 13$  Ma. A combination of a study of the regional geological data and zircon morphology indicates an Early Ordovician age for the Tanjianshan Group.

**Key words:** zircon U-Pb age; continental rift; Tanjianshan Group; Qinghai-Tibet Plateau