

吐哈盆地东缘泥盆纪花岗岩的确定及其地质意义

李亚萍¹, 孙桂华¹, 李锦轶¹, 王彦斌², 徐 新³, 何国琦⁴, 贾金典⁵

LI Ya-ping¹, SUN Gui-hua¹, LI Jin-yi¹, WANG Yan-bin²,

XU Xin³, HE Guo-qi⁴, JIA Jin-dian⁵

1. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037; 2. 北京离子探针中心, 北京 100037;

3. 新疆资源环境研究中心, 新疆 乌鲁木齐 830000; 4. 北京大学地质系, 北京 100871;

5. 新疆地勘局第六地质大队, 新疆 哈密 839000

1. *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;*

2. *Beijing SHRIMP Center, Beijing 100037;*

3. *Xinjiang Research Center of Resources and Environment, Ürümqi 830000, Xinjiang, China;*

4. *Department of Geology, Peking University, Beijing 100871, China;*

5. *No. 6 Regional Geological Party, Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Hami 839000, Xinjiang, China*

摘要:通过对吐哈盆地东缘四顶黑山超单元中的黑云母花岗岩进行锆石 SHRIMP U-Pb 定年, 获得 $(386 \pm 5) \text{Ma}$ ($\text{MSWD}=1.01$) 的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄。根据该岩体的岩石学和锆石的矿物学特征, 将此年龄解释为该岩体的侵位年龄。根据这一定年结果和该花岗岩与围岩(被当地地质工作者归入古元古代星星峡群的变质岩)具有相同的构造变形特征, 结合已有的年代学、岩石化学和相关地质资料, 可以得出如下初步结论: ①吐哈盆地东缘与南缘为同一古生代活动陆缘的不同部分, 其形成演化与以康古尔塔格碰撞带中洋壳残片为代表的古洋岩石圈板块向西伯利亚古板块之下的俯冲有关; ②吐哈盆地东缘以近东西走向、向南倾斜的片理或片麻理为特征的变质变形事件发生在 386Ma 以后。

关键词: 古生代活动陆缘; 黑云母花岗岩; 锆石 SHRIMP U-Pb 定年; 吐哈盆地东缘; 东天山

中图分类号: P588.12⁺1; P597⁺.3

文献标识码: A

文章编号: 1671-2552(2006)08-0932-05

LI Y P, Sun G H, Li J Y, Wang Y B, Xu X, He G Q, Jia J D. Devonian granite on the eastern margin of the Tuha basin in the East Tianshan, Xinjiang, China and its tectonic implication. *Geological Bulletin of China*, 2006, 25 (8): 932-936

Abstract: SHRIMP U-Pb dating of zircons from biotite granite of the Sidingheishan super-unit on the eastern margin of the Tuha basin yields an apparent $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age of $386 \pm 5 \text{ Ma}$ ($\text{MSWD}=1.01$). According to the petrological characteristics and related zircon CL images, this age is explained as the intrusion age of the granite. According to this dating result and similar metamorphism and deformation of the granite to those of its country rocks (which are classified by local geologists as the Paleoproterozoic Xingxingxia Group), combined with the available chronological, geochemical and related geological data, the authors come to the following preliminary conclusions: ① the eastern and southern margins of the Tuha basin are different parts of the same Paleozoic active continental margin, whose formation and evolution is related to the subduction of the paleo-oceanic lithospheric plate, represented by fragments of oceanic crust in the Kanggurtag collisional belt, northward under the Siberian paleoplate, and ② the event of deformation and metamorphism on the eastern margin of the basin, which is charac-

收稿日期: 2006-04-15; 修订日期: 2006-05-22

基金项目: 国家重要基础研究发展规划项目《中国西部中亚型造山与成矿》综合研究课题《中亚型造山与成矿综合研究》(编号 2001CB409810)成果。

作者简介: 李亚萍(1971-), 女, 在读博士, 构造地质学专业。E-mail: ypli216@126.com

terized by nearly E-W-trending and steeply south-dipping schistosity or gneissosity, took place later than 386 Ma.

Key words: Paleozoic active continental margin; biotite granite; zircon SHRIMP U-Pb dating; eastern margin of the Tuha basin; East Tianshan

位于北亚造山区南缘的东天山的古生代构造格局及其演化,涉及对亚洲大陆的形成和对东天山成矿作用的认识,一直是地质界关注的重大地质构造问题。该区是塔里木板块北缘沟-弧-盆体系的一部分^[1-3],还是西伯利亚古板块与塔里木古板块之间或西伯利亚、哈萨克斯坦和塔里木3个古板块之间的陆缘碰撞带^[4-10],在中国地质界一直存在争议。李锦轶等^[11]认为吐哈盆地南缘康古尔塔格构造带是南侧喀拉塔格地块与西伯利亚古板块南部活动陆缘之间的碰撞带,其北侧是西伯利亚古板块南缘的大南湖奥陶纪至石炭纪活动陆缘,南侧喀拉塔格地块北缘在石炭纪早期为被动陆缘。宋彪等^[11]通过锆石SHRIMP定年,确定康古尔塔格至大南湖一带克孜尔卡拉萨依花岗岩闪长岩的年龄为357 Ma,大南湖岩基二长花岗岩的年龄为383 Ma;近年来,陈富文等^[12]采用同样的方法,确定土屋-延东一带花岗岩岩体的年龄为333 Ma和334 Ma;李文铅等^[13]的最新研究成果表明彩中花岗岩体锆石SHRIMP年龄为316 Ma $\pm$ 4 Ma。此外,刘德权等^[14]在土屋铜矿含矿玄武岩中获得240~434 Ma的年龄;李向民等^[15]在分布于大草滩断裂与康古尔塔格断裂之间的企鹅山群的基性和酸性火山岩中获得323 Ma和320 Ma的年龄;侯广顺等^[16]在土屋-延东斑岩铜矿的远矿围岩企鹅山群中得到安山岩年龄为337 Ma。这些年代学资料对吐哈盆地南缘古活动陆缘的演化提供了时代方面的约束。李锦轶等^[17]通过对现有资料的分析,认为大南湖以南吐哈盆地南缘从喀拉塔格到土屋一带,在奥陶纪(?)或志留纪)至石炭纪期间,经历了活动陆缘岩浆前锋逐渐向南迁移的演化过程。该活动陆缘向西在托克逊以南因干沟断裂向北逆冲而被构造掩覆,向东推测经过蒙古南部和大兴安岭中部,延伸到黑河附近的多宝山区^[17,18]。

然而,在中国境内的吐哈盆地东缘,1:20万区域地质矿产调查把该区的侵入岩的时代都置于华力西中期^①。近年由新疆地质矿产局第六地质大队完成的部分地区1:5万区域地质矿产调查,根据获得的1个锆石年龄,把该区大部分侵入岩的时代都置于志留纪至泥盆纪,岩体的围岩被对比为古元古代星星峡群,认为是吐哈盆地的古老结晶基底^②。李文明等^[19]根据同样的资料把该期岩浆活动的时代置于加里东期。笔者2002年在该区野外调查发现,该期侵入岩与围岩的变形特征基本相同。因此,对该区变形花岗岩进行精确定年,不仅可以确定该区是否发育与吐哈盆地南缘类似的泥盆纪或石炭纪花岗岩,而且还可以对该区被置于古元古代的变质岩的变质变形时代进行约束。基于这一认识,笔者对被划为四顶黑山超单元的与围岩具有相同变形特征的黑云母花岗岩进行了锆石SHRIMP定年。本文报道这

一研究结果,并对相关问题进行初步讨论。

1 区域地质背景

如图1-a所示,研究区位于吐哈盆地东缘,康古尔塔格碰撞带北侧。从区域上看,该区是吐哈盆地南缘古生代活动陆缘带的东延部分,向东约20 km则进入蒙古境内。在该区西北一侧为哈尔里克山,再向北则依次为东准噶尔-南蒙古造山系和阿尔泰造山系^[17]。根据近年的研究,哈尔里克山早古生代可能为岛弧,泥盆纪期间的构造背景目前因资料缺乏还不清楚;石炭纪期间可能与博格达山类似,为与南侧板块向北俯冲有关的滞后弧后盆地的一部分^[20]。

区内出露的地层主要为星星峡群(XAb)的糜棱岩化斜长角闪片岩、片麻岩,在西北部出露下泥盆统的大南湖组(DAa),以浅海相中基性火山碎屑岩及正常碎屑岩为主,夹中、基性火山岩(图1-b)。

研究区内侵入岩比较发育(图1-b),岩性主要为浅灰色黑云母花岗岩,肉红色中粒二长花岗岩,闪长岩,浅灰色花岗岩,土黄色细粒黑云母花岗岩,灰绿色、浅灰色中粒角闪辉长岩和一系列中-基性岩墙(脉)。

岩体与围岩之间为明显的侵入接触关系,在围岩中发育有与岩体相连的岩脉,在岩体边部见有围岩的捕虏体。侵入岩与围岩均遭受了后期变质、变形作用的改造,围岩大部分被改造为片岩,部分为糜棱岩化斜长角闪片岩、片麻岩,云母类的变质矿物比较发育;岩体中片麻理构造比较发育,其产状与围岩中的片理、片麻理的产状一致。片理、片麻理走向近东西,向南陡倾,矿物拉长定向排列,略显线理构造。对侵入体的围岩糜棱岩化斜长角闪片岩、片麻岩中同构造的黑云母进行³⁹Ar/⁴⁰Ar定年,获得220 Ma坪年龄(将另文论述)。

2 样品采集位置及主要特征

定年样品编号为D02148,岩性为变形黑云母花岗岩,样品采集位置位于研究区中部(图1-b),其地理坐标为东经95°55'40"、北纬42°36'15"。

野外露头上,浅灰色黑云母花岗岩中片麻理发育,产状与围岩一致,走向近东西,向南陡倾。其围岩为以糜棱岩化斜长角闪片岩、片麻岩为主的星星峡群(XAb),侵入接触关系比较清楚。样品手标本呈浅灰色,片麻状构造,中粗粒结构。

3 锆石特征及SHRIMP定年结果

锆石按照常规方法分选后,在双目镜下进一步挑选出测

① 新疆维吾尔自治区地质局.新疆1:20万梧桐窝子泉幅地质图及说明书.1965.

② 新疆地质矿产局.新疆1:5万镜儿泉北矿幅、咸水泉幅区域地质调查报告.1994.

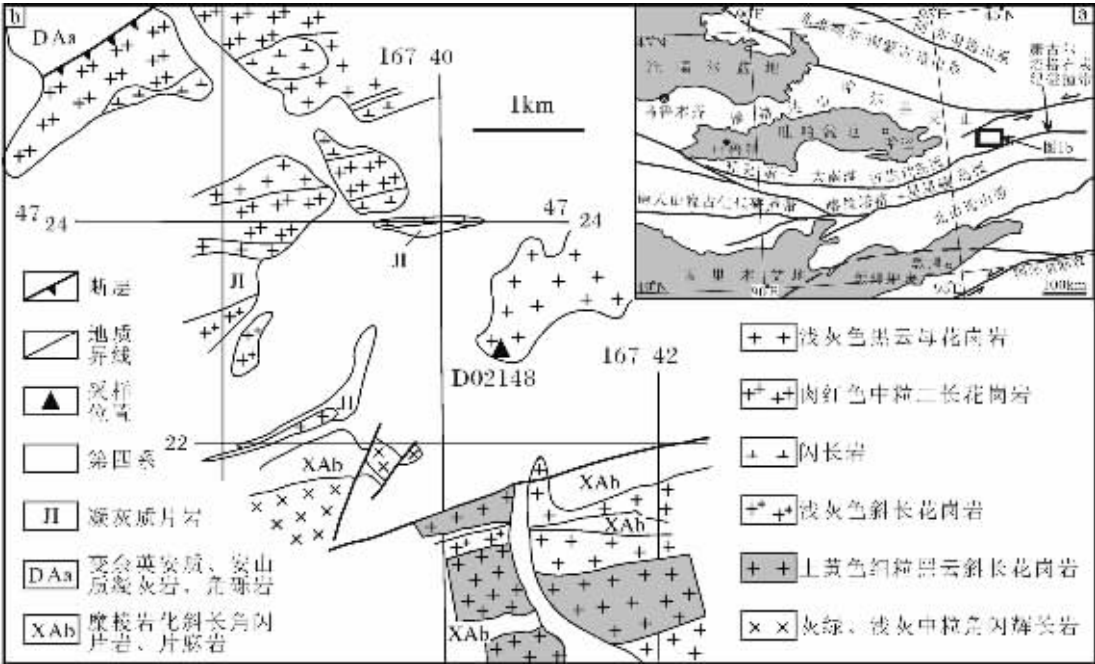


图1 研究区大地构造位置及地质略图
(根据新疆地矿局第六地质大队(1994)1:5万镜儿泉北矿幅、咸水泉幅区域地质图修改)
Fig.1 Geological sketch map showing the tectonic setting of the study area

年的锆石颗粒,并和标样一起置于环氧树脂做成的样品靶(Mount)上;为使锆石内部暴露,将其磨至一半,进行锆石透射光、反射光、CL的照相和分析;然后抛光、清洗、镀金,进行SHRIMP分析。

锆石的阴极发光照相在中国地质科学院矿产资源研究所电子探针实验室进行,所测定的锆石CL图像特点如图2所示。从图2中可以看出:锆石颗粒晶形比较完整,大部分呈短柱状,少数为长柱状(图2中6.1,11.1);岩浆结晶环带清晰,有的较密集(图2中1.1,2.1,9.1),有的较稀疏(图2中3.1,6.1),少数锆石颗粒不发育岩浆结晶环带(图2中5.1,8.1和11.1);部分锆石颗粒还发育黑色的凹坑(图2中4.1,7.1),个别锆石主体中心部位为黑色,边部小面积为浅色(图2中5.1,11.1)。锆石的阴极发光特征显示所测锆石为典型的岩浆成因锆石。

锆石的SHRIMP分析在北京离子探针中心SHRIMP II上进行,按照标准测定流程^[21-24]完成。数据处理及U-Pb谱和图绘制采用Ludwing编写的Squid 1.01版本和ISOPLOT 2.49 h版本。使用的标准锆石为SL13(U含量 238×10^{-6} ,年龄为572 Ma)和TEM(年龄为417 Ma),前者用于标定U、Th和Pb的含量,后者用于校正年龄。TEM和未知样品的分析按照1:3进行,年龄结果见表1和图3、图4。表1中同位数比值的误差为1 σ ,单个点的年龄误

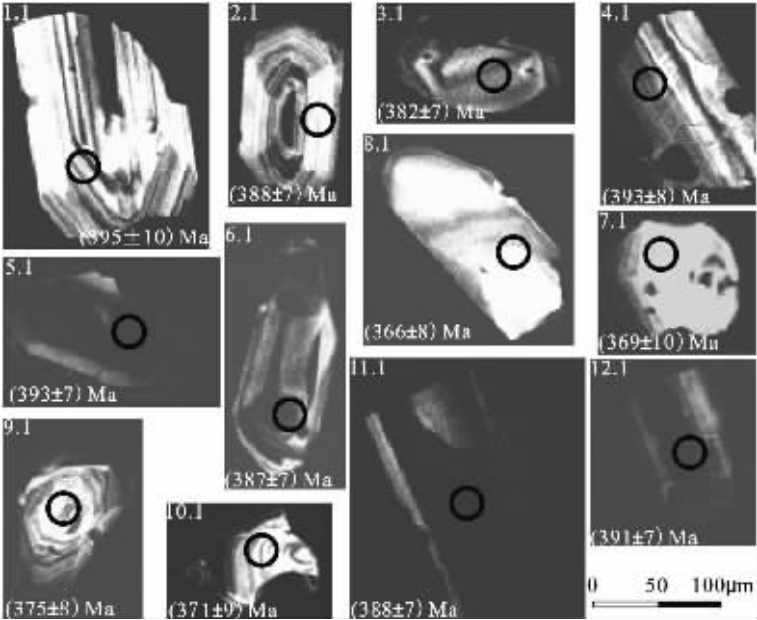


图2 样品D02148锆石阴极发光图像
Fig.2 Zircon CL images of sample D02148

差为1 σ ,加权平均年龄具95%的置信度。
对D02148样品测定了12个单颗粒锆石,每个锆石一个点。从表1可以看出:年龄数据集中分布在366~395Ma之间(360~370 Ma、370~380 Ma之间各2个数据,380~390 Ma、390~

表1 样品D02148锆石SHRIMP U-Pb测年分析结果
Table 1 Zircon SHRIMP U-Pb dating of sample D02148

点号	U / 10^{-6}	Th / 10^{-6}	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*$ / 10^{-6}	$^{206}\text{Pb}_c$ /%	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$		$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄/Ma	误差相关系数
						测值	相对误差/%	测值	相对误差/%	测值	相对误差/%		
1.1	89	161	1.87	5.03	3.50	0.031	35	0.271	35	0.0632	2.5	395 ± 10	0.309
2.1	331	195	0.61	17.8	0.59	0.0530	4.2	0.454	4.6	0.0621	1.9	388 ± 7	0.713
3.1	178	226	1.31	9.44	1.08	0.0508	6.3	0.427	6.6	0.0610	2.0	382 ± 7	0.541
4.1	124	121	1.01	6.78	1.00	0.0516	4.2	0.448	4.6	0.0629	2.0	393 ± 8	0.534
5.1	1428	1577	1.14	77.3	0.21	0.05361	1.8	0.465	2.5	0.0629	1.8	393 ± 7	0.766
6.1	615	603	1.01	32.8	0.24	0.0535	2.4	0.456	3.0	0.0619	1.8	387 ± 7	0.834
7.1	66	84	1.32	3.53	6.13	0.045	29	0.37	29	0.0589	2.8	369 ± 10	0.581
8.1	148	76	0.53	7.58	1.97	0.0452	11	0.365	11	0.0585	2.2	366 ± 8	0.519
9.1	90	128	1.47	4.73	2.01	0.0496	10	0.410	10	0.0599	2.2	375 ± 8	0.368
10.1	118	110	0.96	6.10	1.34	0.0544	11	0.444	11	0.0592	2.4	371 ± 9	0.438
11.1	1121	378	0.35	60.0	0.50	0.05286	1.8	0.452	2.5	0.0620	1.8	388 ± 7	0.873
12.1	964	478	0.51	51.9	0.27	0.05296	1.8	0.457	2.5	0.0626	1.8	391 ± 7	0.869

注:年龄误差为 1σ ;Pb_c和Pb*分别表示普通Pb和放射成因Pb;采用实测 ^{235}Pb 进行普通Pb校正

400 Ma之间各有4个数据);所有测定锆石的Th/U值介于0.35~1.87之间,显示所测锆石为岩浆成因的锆石。除1.1测点外均落在谐和线上(图3),12个点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 $384\text{ Ma}\pm 6\text{ Ma}$ (MSWD=1.6)。1.1和7.1两颗锆石U的含量较低,致使 $^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$ 和 $^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$ 比值相对误差较大,8.1锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄比较低,如果不考虑这3个年龄数据,将其余9个数据进行加权平均,得到的年龄值为 $386\text{ Ma}\pm 5\text{ Ma}$ (MSWD=1.01),所获谐和图的谐合性和误差很明显地要比图3好,如图4所示。无论是锆石的核部还是边部,不管锆石是否具有环带结构,所测结果相差较小,在误差范围内是一致的。这表明所得到的年龄值不含继承锆石的信息,也无放射性成因Pb丢失。本文取 $386\text{ Ma}\pm 5\text{ Ma}$ (MSWD=1.01)进行相关问题的讨论。

4 问题讨论

通过对东天山吐哈盆地东缘四顶黑山超单元中浅灰色黑云母花岗岩岩体的高精度锆石SHRIMP U-Pb定年研究,获得 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄为 $386\text{ Ma}\pm 5\text{ Ma}$ 。所测锆石的阴极发光特征表明,可以把上述年龄解释为黑云母花岗岩岩体的侵位年龄,即该岩体为中泥盆世期间岩浆活动的产物。这一定年结果与宋彪等^[14]测得的 $383\text{ Ma}\pm 9\text{ Ma}$ 的大南湖岩基的二长花岗岩的侵位年龄一致,表明研究区与大南湖以南的吐哈盆地南缘在泥盆纪期间具有相同的岩浆活动历史,即吐哈盆地南缘的古生代活动陆缘通过

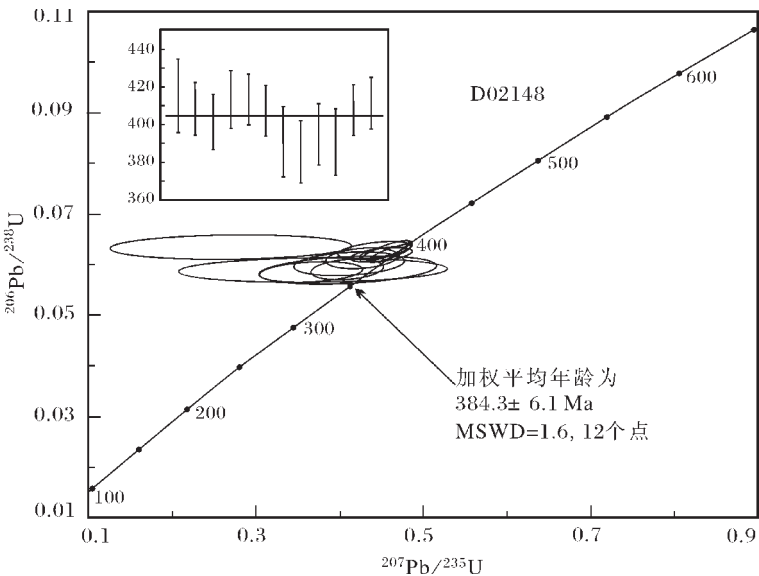


图3 样品D02148 锆石谐和图
Fig.3 Zircon U-Pb concordia diagram of sample D02148

研究区再向东延伸是完全可能的。
由于本项定年研究的浅灰色黑云母花岗岩岩体与其围岩糜棱岩化斜长角闪片岩、片麻岩具有相同的构造变形特征,所以笔者认为本项研究获得的 $386\text{ Ma}\pm 5\text{ Ma}$ 的锆石年龄可以作为该期变质变形时代的下限。这样,该区被置于古元古代的星星峡群变质岩的时代,显然还有待于进一步研究。
由于本项研究只对采自1个地点的1个样品进行了定年

研究,还不能说该区具有类似特征的中酸性侵入岩都是泥盆纪岩浆侵入活动的产物。新疆地矿局第六地质大队1:5万区域地质矿产调查获得的431 Ma $\pm$ 14 Ma的年龄值表明,该区可能存在志留纪的花岗质侵入岩。从区域地质背景看,该区完全可能发育志留纪甚至奥陶纪至石炭纪的岩浆活动,开展进一步的相关研究显然是非常必要的。

致谢:在野外工作期间新疆地勘局第六地质大队给予了大力支持和帮助,在此表示诚挚的感谢!

参考文献:

- [1]马瑞士,叶尚夫,王赐银,等.东天山造山带构造格架和演化[J].新疆地质科学,1990,(2):21-36.
- [2]马瑞士,王赐银,叶尚夫.东天山构造格架及地壳演化[M].南京:南京大学出版社,1993.
- [3]秦克章,方同辉,王书来,等.东天山板块构造分区、演化与成矿地质背景研究[J].新疆地质,2002,20(4):302-308.
- [4]李春昱,王荃,刘雪亚,等.亚洲大地构造图及其说明书[M].北京:地图出版社,1982.49.
- [5]张良臣.中国新疆板块构造与动力学特征[A].见:新疆第三届天山地质矿产学术讨论会论文集[C].乌鲁木齐:新疆人民出版社,1995.1-14.
- [6]成守德,王广瑞,杨树德,等.新疆古板块构造[J].新疆地质,1986,4(2):1-26.
- [7]周济元,茅燕石,黄志勋,等.东天山古大陆边缘火山地质[M].成都:成都科技大学出版社,1994.
- [8]姬金生,陶洪祥,曾章仁,等.东天山康古尔塔格金矿带地质与找矿[M].北京:地质出版社,1994.
- [9]杨兴科,陶洪祥,罗贵昌,等.东天山板块构造基本特征[J].新疆地质,1996,14(3):221-227.
- [10]李锦铁,王克卓,李文铅,等.东天山晚古生代以来大地构造与矿产勘查[J].新疆地质,2002,22(4):295-301.
- [11]宋彪,李锦铁,李文铅,等.吐哈盆地南缘克孜尔卡拉萨依和大南湖花岗质岩基锆石SHRIMP定年及其地质意义[J].新疆地质,2002,20(4):342-345.
- [12]陈富文,李华芹,陈毓川,等.东天山土屋-延东斑岩铜矿田成岩时代精确测定及其地质意义[J].地质学报,2005,79(2):256-261.
- [13]李文铅,夏斌,王克卓,等.新疆东天山彩中花岗岩体锆石SHRIMP年龄及地球化学特征[J].地质学报,2006,80(1):43-52.
- [14]刘德权,陈毓川,王登红,等.土屋-延东铜铅矿田与成矿有关问题的讨论[J].矿床地质,2003,22(4):334-344.
- [15]李向民,夏林圻,夏祖春,等.东天山企鹅山群火山岩锆石U-Pb年代学[J].地质通报,2004,23(12):1215-1220.
- [16]侯广顺,唐红峰,刘丛强,等.东天山土屋-延东斑岩铜矿围岩的同位素年代和地球化学研究[J].岩石学报,2005,21(6):1729-1736.
- [17]李锦铁,王克卓,孙桂华,等.东天山吐哈盆地南缘古生代活动陆缘残片:中亚地区古亚洲洋板块俯冲的地质记录[J].岩石学报,

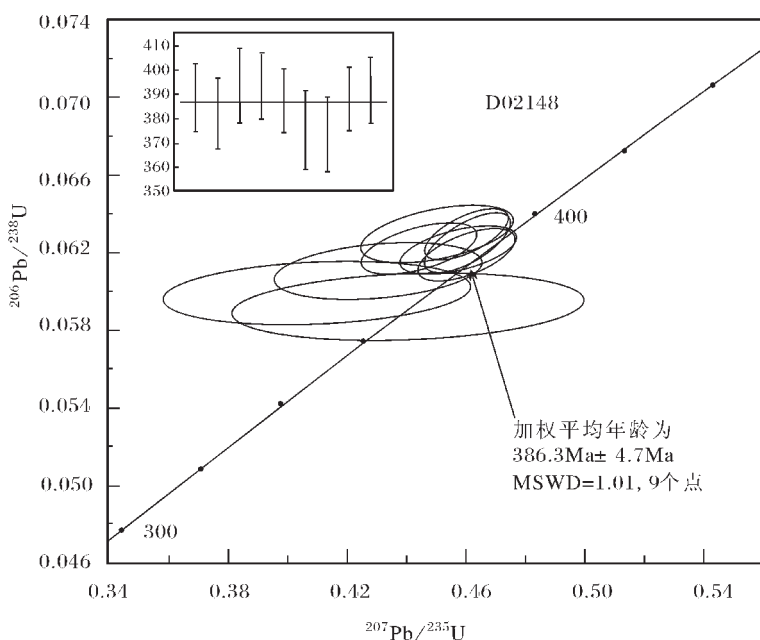


图4 样品D02148 锆石SHRIMP $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 谐和图
(表1中1.1、7.1和8.1三个点没有参加加权平均计算)

Fig.4 Zircon SHRIMP $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$
concordia diagram of sample D02148

- 2006,22(5):1087-1102.
- [18]李锦铁.新疆东部新元古代晚期至古生代的构造格局与构造演化[J].地质论评,2004,50(3):304-322.
- [19]李文明,任秉琛,杨兴科,等.东天山中酸性侵入岩浆作用及其地球动力学意义[J].西北地质,2002,35(4):41-64.
- [20]孙桂华,李锦铁,高立明,等.新疆东部哈尔里克山闪长岩锆石SHRIMP U-Pb定年及其地质意义[J].地质论评,2005,51(4):463-469.
- [21]Compston W, Williams I S, Meyer C. U-Pb geochronology of zircons from lunar breccia 73217 using a sensitive high mass-resolution ion microprobe[J]. Journal of Geophysical Research, 1984, 89(Supp.): 325-534.
- [22]Compston W, Williams I S, Kirschvink J L, et al. Zircon U-Pb ages for the Early Cambrian time scale[J]. Journal of the Geological Society, London, 1992, 149: 171-184.
- [23]Williams I S. U-Th-Pb geochronology by ion microprobe[A]. In: McKibben M A, Shanks III W C, Ridley W I, eds. Applications of microanalytical techniques to understanding mineralizing processes[C]. Reviews in Economic Geology, 1998,7:1-35.
- [24]Williams I S, Claesson S. Isotopic evidence for the Precambrian provenance and Caledonian metamorphism of high grade paragneisses from the Seve Nappes, Scandinavian Caledonides: II. Ion microprobe zircon U-Th-Pb[J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 1987, 97: 205-217.