

大兴安岭北部塔河花岗岩体的时代及对额尔古纳地块构造归属的制约

葛文春 吴福元 周长勇 A. A. Abdel Rahman

(吉林大学地球科学学院, 长春 130061; 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029. E-mail: gewenchun@jlu.edu.cn)

摘要 大兴安岭北部的额尔古纳地块上分布有大面积时代和成因不明的花岗岩体, 其中位于塔河县城附近的塔河岩体主要由斑状正长花岗岩和二长花岗岩组成, 角闪碱长花岗岩和辉长岩局部发育, 与后造山花岗岩组合类似. 激光剥蚀等离子体(LA-ICP-MS)分析测试表明, 该岩体内不同岩石类型的锆石 U-Pb 年龄为 494~480 Ma, 反映为一早古生代期间侵位的杂岩体. 该杂岩体的形成, 标志着额尔古纳与南侧兴安地块间的碰撞拼合在古生代早期即已完成. 对相邻地区的同位素年代学资料进行总结对比发现, 额尔古纳与中蒙古、图瓦等地块具有相同的早古生代演化历史, 应为西伯利亚地台南部增生大陆边缘的一部分.

关键词 锆石 U-Pb 年龄 花岗岩 塔河 额尔古纳 大兴安岭

位于兴蒙造山带东段的大兴安岭地区, 自北向南分布有额尔古纳、兴安和松嫩地块等(图 1(a)). 这些地块的构造属性、边界以及相互间碰撞拼合历史是该区基础地质研究的重要科学问题^[1~12]. 近年来, 一些学者对兴安和松嫩地块的基底性质及二者的拼合时间进行了较详细的研究, 认为它们均不存在大规模的前寒武纪结晶基底^[2~5], 并认为两者的碰撞拼合主要发生在晚古生代^[4~10]. 但就位于大兴安岭北部的额尔古纳地块而言, 除有少量调查性的研究以外^[1,13~15], 对其基底性质以及与南侧兴安地块的拼合位置和时间等问题研究较少, 严重制约了当前对兴蒙造山带整体构造演化的认识. 针对额尔古纳地块上出露大量花岗质岩体这一基本特征, 本文选择了位于塔河附近的塔河岩体进行了锆石 U-Pb 同位素年代学研究, 所获得的年龄为讨论额尔古纳地块的构造归属提供了重要资料.

1 地质概况与样品选择

额尔古纳地块位于大兴安岭北部, 主要由角闪岩相变质的兴华渡口群、绿片岩相变质的佳疙瘩群和少量新元古代花岗质岩石构成该地块的结晶基底. 区内花岗岩及中生代火山岩极为发育, 古生代地层零星出露. 塔河地区位于塔源-喜桂图缝合带的北侧, 在大地构造上属于额尔古纳地块. 位于黑龙江省塔河县城附近的塔河岩体, 呈不规则状岩基, 出露面积

约 600 km². 该岩体东北部被晚古生代堆晶辉长岩体侵入^[16], 西侧部分被燕山期花岗斑岩侵入, 整个岩体周围全部被晚中生代火山岩覆盖(图 1(b)). 根据区调资料 and 我们的野外实地调查, 塔河岩体由正长花岗岩、二长花岗岩、碱长花岗岩和细粒辉长岩等四种主要类型岩石所组成, 其中二长花岗岩和正长花岗岩为该岩体的主体岩性, 碱长花岗岩在岩体中零星出露; 细粒辉长岩-闪长岩除呈脉状和小岩株状产出外, 在岩体中常呈微粒闪长岩包体存在. 岩体岩石以块状构造为主, 局部见有片麻状构造. 从岩石的接触关系来看, 尽管局部地区可见正长花岗岩侵入到二长花岗岩之中, 但二长花岗岩、正长花岗岩-碱长花岗岩中均发育有辉长岩, 并发育同时就位的岩浆混合特征, 表明它们应是基本同时形成的花岗杂岩体.

细粒角闪辉长岩: 岩石呈灰黑色, 块状构造, 中-细粒粒状结构, 局部出现斜长石斑晶. 主要矿物组成为斜长石(40%~55%)+角闪石(35%~40%)+石英(<5%)±单斜辉石, 其中斜长石为中~拉长石(An 37~57). 副矿物为锆石、榍石、磷灰石等, 呈包体状的角闪辉长岩中具有淬火结构的针状磷灰石, 显示岩浆混合作用的特点. 随着岩石中角闪石含量减少、斜长石增加及斜长石号码(An)降低, 辉长岩过渡为辉长闪长岩.

碱长花岗岩: 岩石呈灰白色, 中细粒花岗结构, 块状构造. 主要组成矿物为钾长石(60%~65%左右)±斜长石(5%~8%左右)+石英(25%左右)+黑云母(<2%)+

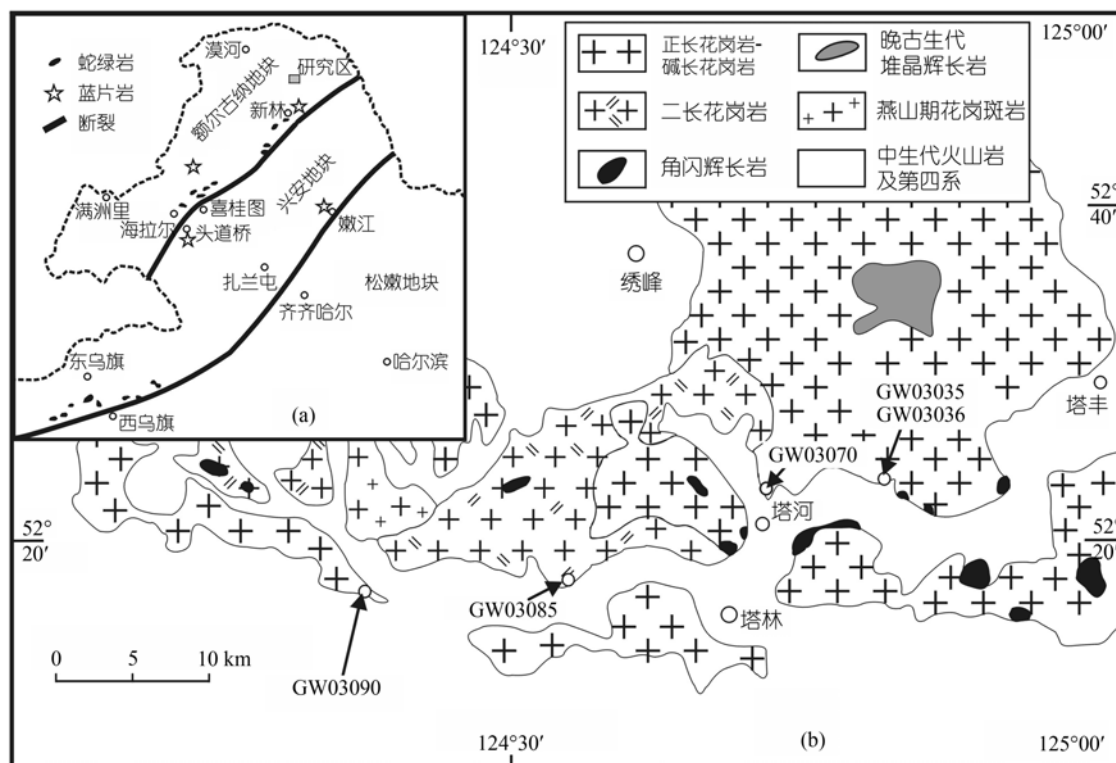


图1 塔河岩体地质简图(大兴安岭地区地质构造简图据文献[1])

角闪石(2%~5%)。钾长石为条纹长石和微斜条纹长石,呈它形-半自形宽板状;斜长石呈半自形板状,具弱绢云母化;石英呈它形充填于长石颗粒空隙中;黑云母呈暗褐-浅黄褐色片状;副矿物主要为锆石及不透明矿物。

二长花岗岩: 该岩石呈灰红色,中细粒花岗结构,块状构造为主,局部见片麻状构造。主要矿物组成为石英(15%~23%)+钾长石(25%~35%)+斜长石(40%~45%)+黑云母(5%)+角闪石(<5%),偶含少量单斜辉石,副矿物锆石、榍石、磷灰石等。随着石英含量的减少,局部出现石英二长岩。

正长花岗岩: 该岩石为塔河岩体的主体岩性,灰白色-浅肉红色,以似斑状和中粒花岗结构为主,出现粗大的微斜条纹长石斑晶,块状构造。主要矿物组成为石英(25%~30%)+钾长石(30%~50%)+斜长石(10%~20%),含有少量角闪石、黑云母和副矿物锆石、榍石、磷灰石等。上述岩石学和矿物组合特征表明,塔河花岗岩体是型花岗岩。

2 分析方法

本文的样品破碎和锆石挑选由河北省区域地质

调查大队地质实验室完成。在阴极发光(CL)图像基础上,采用激光剥蚀等离子体分析技术(LA-ICP-MS)对锆石进行微区原位单点U-Pb同位素定年。实验在西北大学地质学系大陆动力学教育部重点实验室进行,采用ComPex102 ArF 准分子激光器(波长193 nm)和带有动态反应池的四极杆 Elan6100 DRC型ICP-MS进行锆石 U-Pb 测定。实验中采用 He 作为剥蚀物质的载气,用美国国家标准技术研究院研制的人工合成硅酸盐玻璃标准参考物质NIST SRM610 进行仪器最佳化,采用哈佛大学国际标准锆石91500作为外部校正^[17]。样品的同位素比值计算采用 GLITTER(ver4.0 Macquarie University)程序,年龄计算采用国际标准程序Isoplot(ver 2.49)。样品的制备与SHRIMP方法类似^[18],实验采用的激光束斑直径为30 μm。实验获得的数据采用 Andersen^[19]的方法进行同位素比值的校正,以扣除普通Pb的影响。

3 年代学测定结果

本文选择了塔河杂岩体中4种岩性的5件样品进行锆石 U-Pb 年龄测定,分析数据结果列于表1,其U-Pb 谐和图如图2所示。由于所测定的岩石形成于

表 1 塔河岩体锆石 LA-ICPMS 同位素分析结果

样品及 测试点号	含量/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$			同位素比值 ($\pm 1\sigma$)			年龄/Ma $\pm 1\sigma$		
	Th	U	Pb	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$
GW03090-01	149	301	28.4	0.0579 $\pm$ 0.0012	0.6687 $\pm$ 0.0136	0.0838 $\pm$ 0.0010	526 $\pm$ 25	520 $\pm$ 8	519 $\pm$ 6
GW03090-02	70.7	180.5	15.5	0.0571 $\pm$ 0.0015	0.6104 $\pm$ 0.0157	0.0776 $\pm$ 0.0009	494 $\pm$ 36	484 $\pm$ 10	482 $\pm$ 6
GW03090-03	202	295	28.7	0.0634 $\pm$ 0.0028	0.6680 $\pm$ 0.0286	0.0764 $\pm$ 0.0010	723 $\pm$ 97	520 $\pm$ 17	475 $\pm$ 6
GW03090-04	68.7	208	18.1	0.0569 $\pm$ 0.0013	0.6224 $\pm$ 0.0136	0.0794 $\pm$ 0.0009	487 $\pm$ 28	491 $\pm$ 9	492 $\pm$ 5
GW03090-05	88.3	230	20.3	0.0571 $\pm$ 0.0015	0.6384 $\pm$ 0.0164	0.0811 $\pm$ 0.0010	496 $\pm$ 36	501 $\pm$ 10	502 $\pm$ 6
GW03090-06	48.2	151	13.7	0.0594 $\pm$ 0.0020	0.6598 $\pm$ 0.0204	0.0805 $\pm$ 0.0010	583 $\pm$ 74	514 $\pm$ 13	499 $\pm$ 6
GW03090-07	498	544	54.4	0.0638 $\pm$ 0.0013	0.7013 $\pm$ 0.0141	0.0798 $\pm$ 0.0009	734 $\pm$ 24	540 $\pm$ 8	495 $\pm$ 5
GW03090-08	172	326	29.5	0.0572 $\pm$ 0.0011	0.6246 $\pm$ 0.0121	0.0792 $\pm$ 0.0009	500 $\pm$ 24	493 $\pm$ 8	491 $\pm$ 5
GW03090-09	125	268	24.5	0.0578 $\pm$ 0.0013	0.6499 $\pm$ 0.0144	0.0816 $\pm$ 0.0009	522 $\pm$ 29	508 $\pm$ 9	505 $\pm$ 6
GW03090-10	140	348	31.8	0.0571 $\pm$ 0.0019	0.6262 $\pm$ 0.0200	0.0796 $\pm$ 0.0010	494 $\pm$ 48	494 $\pm$ 12	494 $\pm$ 6
GW03090-11	157	337	29.7	0.0570 $\pm$ 0.0012	0.6098 $\pm$ 0.0124	0.0776 $\pm$ 0.0009	492 $\pm$ 26	483 $\pm$ 8	482 $\pm$ 5
GW03090-12	48.5	196	17.0	0.0627 $\pm$ 0.0018	0.6973 $\pm$ 0.0196	0.0807 $\pm$ 0.0010	698 $\pm$ 39	537 $\pm$ 12	500 $\pm$ 6
GW03090-13	176	228	23.1	0.0581 $\pm$ 0.0029	0.6434 $\pm$ 0.0314	0.0803 $\pm$ 0.0011	533 $\pm$ 114	504 $\pm$ 19	498 $\pm$ 6
GW03090-14	463	648	62.8	0.0665 $\pm$ 0.0012	0.7060 $\pm$ 0.0130	0.0770 $\pm$ 0.0009	822 $\pm$ 21	542 $\pm$ 8	478 $\pm$ 5
GW03090-15	194	473	44.9	0.0700 $\pm$ 0.0013	0.7878 $\pm$ 0.0142	0.0816 $\pm$ 0.0009	930 $\pm$ 20	590 $\pm$ 8	506 $\pm$ 5
GW03090-16	128	356	31.0	0.0605 $\pm$ 0.0014	0.6444 $\pm$ 0.0145	0.0772 $\pm$ 0.0009	623 $\pm$ 29	505 $\pm$ 9	479 $\pm$ 5
GW03090-17	99.9	223	19.7	0.0569 $\pm$ 0.0013	0.6144 $\pm$ 0.0138	0.0783 $\pm$ 0.0009	488 $\pm$ 30	486 $\pm$ 9	486 $\pm$ 5
GW03090-18	58.8	157	14.3	0.0588 $\pm$ 0.0021	0.6576 $\pm$ 0.0234	0.0811 $\pm$ 0.0011	561 $\pm$ 54	513 $\pm$ 14	503 $\pm$ 6
GW03090-19	53.2	112	10.8	0.0743 $\pm$ 0.0022	0.8288 $\pm$ 0.0239	0.0809 $\pm$ 0.0010	1049 $\pm$ 38	613 $\pm$ 13	502 $\pm$ 6
GW03090-20	129	738	59.3	0.0577 $\pm$ 0.0010	0.6121 $\pm$ 0.0105	0.0770 $\pm$ 0.0008	516 $\pm$ 20	485 $\pm$ 7	478 $\pm$ 5
GW03090-21	134	293	27.3	0.0570 $\pm$ 0.0012	0.6406 $\pm$ 0.0134	0.0815 $\pm$ 0.0009	491 $\pm$ 27	503 $\pm$ 8	505 $\pm$ 5
GW03090-22	212	597	52.8	0.0576 $\pm$ 0.0010	0.6312 $\pm$ 0.0104	0.0795 $\pm$ 0.0009	515 $\pm$ 19	497 $\pm$ 6	493 $\pm$ 5
GW03070-01	35.8	38.7	3.8	0.0572 $\pm$ 0.0041	0.6322 $\pm$ 0.0440	0.0801 $\pm$ 0.0016	500 $\pm$ 119	497 $\pm$ 27	497 $\pm$ 9
GW03070-02	93.7	145	13.9	0.0592 $\pm$ 0.0024	0.6271 $\pm$ 0.0248	0.0768 $\pm$ 0.0011	575 $\pm$ 61	494 $\pm$ 15	477 $\pm$ 7
GW03070-03	280	382	36.1	0.0565 $\pm$ 0.0013	0.6023 $\pm$ 0.0132	0.0773 $\pm$ 0.0009	472 $\pm$ 28	479 $\pm$ 8	480 $\pm$ 6
GW03070-04	136	166	16.3	0.0576 $\pm$ 0.0017	0.6299 $\pm$ 0.0187	0.0792 $\pm$ 0.0010	516 $\pm$ 43	496 $\pm$ 12	492 $\pm$ 6
GW03070-05	136	246	23.9	0.0579 $\pm$ 0.0014	0.6587 $\pm$ 0.0152	0.0825 $\pm$ 0.0010	526 $\pm$ 30	514 $\pm$ 9	511 $\pm$ 6
GW03070-06	63.7	103	11.9	0.0573 $\pm$ 0.0042	0.6534 $\pm$ 0.0473	0.0828 $\pm$ 0.0014	501 $\pm$ 130	511 $\pm$ 29	513 $\pm$ 9
GW03070-07	374	918	80.4	0.0557 $\pm$ 0.0008	0.6065 $\pm$ 0.0093	0.0789 $\pm$ 0.0009	442 $\pm$ 16	481 $\pm$ 6	490 $\pm$ 5
GW03070-08	70.0	105	10.9	0.0847 $\pm$ 0.0045	0.9124 $\pm$ 0.0469	0.0781 $\pm$ 0.0014	1309 $\pm$ 71	658 $\pm$ 25	485 $\pm$ 9
GW03070-09	205	527	44.3	0.0571 $\pm$ 0.0014	0.6142 $\pm$ 0.0146	0.0781 $\pm$ 0.0009	493 $\pm$ 32	486 $\pm$ 9	485 $\pm$ 6
GW03070-10	310	290	30.9	0.0576 $\pm$ 0.0014	0.6556 $\pm$ 0.0162	0.0825 $\pm$ 0.0010	516 $\pm$ 33	512 $\pm$ 10	511 $\pm$ 6
GW03070-11	119	250	22.6	0.0575 $\pm$ 0.0015	0.6551 $\pm$ 0.0170	0.0827 $\pm$ 0.0010	509 $\pm$ 36	512 $\pm$ 10	512 $\pm$ 6
GW03070-12	787	1651	128	0.0561 $\pm$ 0.0017	0.5348 $\pm$ 0.0147	0.0691 $\pm$ 0.0008	457 $\pm$ 68	435 $\pm$ 10	431 $\pm$ 5
GW03070-13	60.2	85.0	7.80	0.0577 $\pm$ 0.0025	0.6194 $\pm$ 0.0264	0.0779 $\pm$ 0.0012	518 $\pm$ 67	489 $\pm$ 17	483 $\pm$ 7
GW03070-14	135	208	21.1	0.0653 $\pm$ 0.0031	0.7410 $\pm$ 0.0336	0.0824 $\pm$ 0.0011	783 $\pm$ 102	563 $\pm$ 20	510 $\pm$ 7
GW03070-15	103	164	15.4	0.0560 $\pm$ 0.0026	0.5676 $\pm$ 0.0255	0.0735 $\pm$ 0.0011	452 $\pm$ 72	456 $\pm$ 17	457 $\pm$ 7
GW03070-16	230	431	38.0	0.0556 $\pm$ 0.0013	0.5751 $\pm$ 0.0133	0.0750 $\pm$ 0.0009	438 $\pm$ 31	461 $\pm$ 9	466 $\pm$ 5
GW03070-17	337	359	33.7	0.0565 $\pm$ 0.0012	0.5783 $\pm$ 0.0124	0.0743 $\pm$ 0.0009	472 $\pm$ 27	463 $\pm$ 8	462 $\pm$ 5
GW03070-18	56.5	183	15.1	0.0570 $\pm$ 0.0016	0.6058 $\pm$ 0.0162	0.0771 $\pm$ 0.0010	492 $\pm$ 37	481 $\pm$ 10	479 $\pm$ 6
GW03070-19	343	606	56.4	0.0569 $\pm$ 0.0011	0.6247 $\pm$ 0.0118	0.0797 $\pm$ 0.0009	486 $\pm$ 22	493 $\pm$ 7	494 $\pm$ 5

续表 1

样品及 测试点号	含量/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$			同位素比值 ($\pm 1\sigma$)			年龄/Ma $\pm 1\sigma$		
	Th	U	Pb	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$
GW03070-20	157	366	29.9	0.0580 $\pm$ 0.0026	0.6833 $\pm$ 0.0294	0.0854 $\pm$ 0.0013	531 $\pm$ 68	529 $\pm$ 18	528 $\pm$ 8
GW03070-21	445	369	36.0	0.0563 $\pm$ 0.0013	0.5815 $\pm$ 0.0129	0.0750 $\pm$ 0.0009	463 $\pm$ 29	465 $\pm$ 8	466 $\pm$ 5
GW03070-22	214	206	21.4	0.0689 $\pm$ 0.0018	0.7682 $\pm$ 0.0202	0.0809 $\pm$ 0.0010	896 $\pm$ 33	579 $\pm$ 12	501 $\pm$ 6
GW03070-23	96.0	292	22.9	0.0564 $\pm$ 0.0021	0.5645 $\pm$ 0.0206	0.0726 $\pm$ 0.0010	469 $\pm$ 56	454 $\pm$ 13	452 $\pm$ 6
GW03070-24	130	177	17.4	0.0580 $\pm$ 0.0018	0.6714 $\pm$ 0.0208	0.0840 $\pm$ 0.0011	529 $\pm$ 45	522 $\pm$ 13	520 $\pm$ 7
GW03070-25	124	155	14.6	0.0576 $\pm$ 0.0022	0.6357 $\pm$ 0.0234	0.0801 $\pm$ 0.0011	513 $\pm$ 56	500 $\pm$ 14	497 $\pm$ 7
GW03070-26	38.6	106	9.00	0.0564 $\pm$ 0.0029	0.5809 $\pm$ 0.0296	0.0747 $\pm$ 0.0012	468 $\pm$ 84	465 $\pm$ 19	465 $\pm$ 7
GW03070-27	157	300	31.7	0.0581 $\pm$ 0.0016	0.7072 $\pm$ 0.0194	0.0883 $\pm$ 0.0011	535 $\pm$ 38	543 $\pm$ 12	545 $\pm$ 7
GW03070-28	196	349	20.9	0.0577 $\pm$ 0.0020	0.6486 $\pm$ 0.0225	0.0815 $\pm$ 0.0011	518 $\pm$ 52	508 $\pm$ 14	505 $\pm$ 7
GW03070-29	90.4	200	17.9	0.0561 $\pm$ 0.0015	0.6326 $\pm$ 0.0167	0.0818 $\pm$ 0.0010	456 $\pm$ 37	498 $\pm$ 10	507 $\pm$ 6
GW03070-30	135	275	33.7	0.0577 $\pm$ 0.0014	0.6794 $\pm$ 0.0168	0.0854 $\pm$ 0.0010	518 $\pm$ 33	526 $\pm$ 10	528 $\pm$ 6
GW03070-31	394	534	55.1	0.0584 $\pm$ 0.0012	0.6990 $\pm$ 0.0144	0.0869 $\pm$ 0.0010	544 $\pm$ 25	538 $\pm$ 9	537 $\pm$ 6
GW03085-01	299	607	53.9	0.0564 $\pm$ 0.0009	0.6119 $\pm$ 0.0101	0.0787 $\pm$ 0.0009	468 $\pm$ 36	485 $\pm$ 6	488 $\pm$ 5
GW03085-02	159	419	37.7	0.0569 $\pm$ 0.0014	0.6195 $\pm$ 0.0149	0.0790 $\pm$ 0.0010	486 $\pm$ 53	490 $\pm$ 9	490 $\pm$ 6
GW03085-03	176	466	39.4	0.0575 $\pm$ 0.0015	0.6139 $\pm$ 0.0158	0.0775 $\pm$ 0.0010	509 $\pm$ 57	486 $\pm$ 10	481 $\pm$ 6
GW03085-04	80	220	20.7	0.0627 $\pm$ 0.0017	0.6482 $\pm$ 0.0174	0.0750 $\pm$ 0.0009	698 $\pm$ 57	507 $\pm$ 11	466 $\pm$ 6
GW03085-05	228	504	44.2	0.0557 $\pm$ 0.0010	0.5928 $\pm$ 0.0110	0.0772 $\pm$ 0.0009	439 $\pm$ 40	473 $\pm$ 7	480 $\pm$ 5
GW03085-06	384	783	71.8	0.0576 $\pm$ 0.0014	0.6213 $\pm$ 0.0152	0.0782 $\pm$ 0.0010	514 $\pm$ 54	491 $\pm$ 10	486 $\pm$ 6
GW03085-07	147	410	34.9	0.0559 $\pm$ 0.0012	0.5936 $\pm$ 0.0123	0.0770 $\pm$ 0.0009	448 $\pm$ 45	473 $\pm$ 8	478 $\pm$ 5
GW03085-08	219	587	51.2	0.0549 $\pm$ 0.0009	0.5990 $\pm$ 0.0100	0.0792 $\pm$ 0.0009	407 $\pm$ 36	477 $\pm$ 6	491 $\pm$ 5
GW03085-09	112	332	30.3	0.0547 $\pm$ 0.0013	0.5905 $\pm$ 0.0143	0.0783 $\pm$ 0.0009	400 $\pm$ 53	471 $\pm$ 9	486 $\pm$ 6
GW03085-10	168	445	40.1	0.0562 $\pm$ 0.0012	0.6061 $\pm$ 0.0126	0.0783 $\pm$ 0.0009	458 $\pm$ 46	481 $\pm$ 8	486 $\pm$ 5
GW03085-11	285	743	66.0	0.0558 $\pm$ 0.0010	0.6111 $\pm$ 0.0106	0.0795 $\pm$ 0.0009	443 $\pm$ 38	484 $\pm$ 7	493 $\pm$ 5
GW03085-12	136	246	22.0	0.0564 $\pm$ 0.0015	0.6006 $\pm$ 0.0161	0.0773 $\pm$ 0.0010	466 $\pm$ 59	478 $\pm$ 10	480 $\pm$ 6
GW03085-13	177	448	39.3	0.0560 $\pm$ 0.0013	0.5990 $\pm$ 0.0136	0.0776 $\pm$ 0.0009	451 $\pm$ 50	477 $\pm$ 9	482 $\pm$ 6
GW03085-14	236	576	53.6	0.0585 $\pm$ 0.0012	0.6790 $\pm$ 0.0139	0.0842 $\pm$ 0.0010	549 $\pm$ 45	526 $\pm$ 8	521 $\pm$ 6
GW03085-15	259	697	62.2	0.0561 $\pm$ 0.0011	0.6141 $\pm$ 0.0122	0.0794 $\pm$ 0.0009	457 $\pm$ 44	486 $\pm$ 8	492 $\pm$ 6
GW03085-16	156	525	43.9	0.0546 $\pm$ 0.0010	0.5846 $\pm$ 0.0108	0.0777 $\pm$ 0.0009	396 $\pm$ 41	467 $\pm$ 7	482 $\pm$ 5
GW03085-17	140	267	24.0	0.0566 $\pm$ 0.0013	0.6149 $\pm$ 0.0137	0.0788 $\pm$ 0.0009	476 $\pm$ 49	487 $\pm$ 9	489 $\pm$ 6
GW03085-18	79.3	194	19.0	0.0775 $\pm$ 0.0023	0.8649 $\pm$ 0.0254	0.0809 $\pm$ 0.0011	1135 $\pm$ 59	633 $\pm$ 14	502 $\pm$ 7
GW03085-19	213	420	38.5	0.0538 $\pm$ 0.0012	0.5780 $\pm$ 0.0123	0.0779 $\pm$ 0.0009	363 $\pm$ 47	463 $\pm$ 8	484 $\pm$ 5
GW03085-20	81.1	246	20.8	0.0546 $\pm$ 0.0013	0.5880 $\pm$ 0.0136	0.0781 $\pm$ 0.0009	397 $\pm$ 51	470 $\pm$ 9	485 $\pm$ 6
GW03085-21	345	961	81.1	0.0556 $\pm$ 0.0009	0.5976 $\pm$ 0.0101	0.0780 $\pm$ 0.0009	436 $\pm$ 36	476 $\pm$ 6	484 $\pm$ 5
GW03036-01	315	694	61.1	0.0578 $\pm$ 0.0012	0.6171 $\pm$ 0.0122	0.0775 $\pm$ 0.0009	522 $\pm$ 43	488 $\pm$ 8	481 $\pm$ 5
GW03036-02	297	526	49.3	0.0569 $\pm$ 0.0017	0.6073 $\pm$ 0.0178	0.0775 $\pm$ 0.0010	488 $\pm$ 65	482 $\pm$ 11	481 $\pm$ 6
GW03036-03	170	306	26.4	0.0561 $\pm$ 0.0014	0.5816 $\pm$ 0.0139	0.0753 $\pm$ 0.0009	455 $\pm$ 53	466 $\pm$ 9	468 $\pm$ 5
GW03036-04	201	590	55.1	0.0620 $\pm$ 0.0013	0.7109 $\pm$ 0.0141	0.0833 $\pm$ 0.0010	673 $\pm$ 42	545 $\pm$ 8	516 $\pm$ 6
GW03036-05	242	477	41.0	0.0541 $\pm$ 0.0011	0.5677 $\pm$ 0.0111	0.0762 $\pm$ 0.0009	375 $\pm$ 44	457 $\pm$ 7	473 $\pm$ 5
GW03036-06	138	266	23.2	0.0563 $\pm$ 0.0018	0.5987 $\pm$ 0.0190	0.0772 $\pm$ 0.0010	462 $\pm$ 71	476 $\pm$ 12	480 $\pm$ 6
GW03036-07	225	532	47.9	0.0569 $\pm$ 0.0010	0.6269 $\pm$ 0.0110	0.0799 $\pm$ 0.0009	488 $\pm$ 39	494 $\pm$ 7	496 $\pm$ 5
GW03036-08	213	338	34.3	0.0576 $\pm$ 0.0024	0.6616 $\pm$ 0.0266	0.0834 $\pm$ 0.0012	514 $\pm$ 88	516 $\pm$ 16	516 $\pm$ 7

续表 1

样品及 测试点号	含量/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$			同位素比值 ($\pm 1\sigma$)			年龄/Ma $\pm 1\sigma$		
	Th	U	Pb	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$
GW03036-09	140	352	32.7	0.0552 $\pm$ 0.0013	0.5821 $\pm$ 0.0139	0.0766 $\pm$ 0.0009	418 $\pm$ 53	466 $\pm$ 9	476 $\pm$ 5
GW03036-10	160	234	21.2	0.0552 $\pm$ 0.0017	0.5765 $\pm$ 0.0177	0.0758 $\pm$ 0.0010	420 $\pm$ 68	462 $\pm$ 11	471 $\pm$ 6
GW03036-11	114	252	28.9	0.0792 $\pm$ 0.0022	1.0440 $\pm$ 0.0278	0.0956 $\pm$ 0.0012	1177 $\pm$ 53	726 $\pm$ 14	589 $\pm$ 7
GW03036-12	242	624	55.5	0.0566 $\pm$ 0.0009	0.6123 $\pm$ 0.0097	0.0785 $\pm$ 0.0009	475 $\pm$ 35	485 $\pm$ 6	487 $\pm$ 5
GW03036-13	188	383	38.1	0.0575 $\pm$ 0.0036	0.6734 $\pm$ 0.0416	0.0850 $\pm$ 0.0016	509 $\pm$ 134	523 $\pm$ 25	526 $\pm$ 9
GW03036-14	255	522	47.0	0.0554 $\pm$ 0.0010	0.5989 $\pm$ 0.0108	0.0784 $\pm$ 0.0009	429 $\pm$ 39	477 $\pm$ 7	486 $\pm$ 5
GW03036-15	388	471	42.8	0.0557 $\pm$ 0.0013	0.5865 $\pm$ 0.0136	0.0764 $\pm$ 0.0009	440 $\pm$ 51	469 $\pm$ 9	474 $\pm$ 5
GW03036-16	237	590	50.0	0.0542 $\pm$ 0.0009	0.5833 $\pm$ 0.0095	0.0781 $\pm$ 0.0009	378 $\pm$ 36	467 $\pm$ 6	485 $\pm$ 5
GW03036-17	259	616	55.5	0.0558 $\pm$ 0.0012	0.5950 $\pm$ 0.0130	0.0773 $\pm$ 0.0009	445 $\pm$ 48	474 $\pm$ 8	480 $\pm$ 5
GW03036-18	764	683	69.1	0.0558 $\pm$ 0.0012	0.6074 $\pm$ 0.0127	0.0789 $\pm$ 0.0009	445 $\pm$ 46	482 $\pm$ 8	490 $\pm$ 5
GW03036-19	40.6	134	11.3	0.0566 $\pm$ 0.0024	0.6104 $\pm$ 0.0250	0.0781 $\pm$ 0.0011	477 $\pm$ 91	484 $\pm$ 16	485 $\pm$ 7
GW03036-20	117	218	19.1	0.0562 $\pm$ 0.0026	0.5820 $\pm$ 0.0264	0.0752 $\pm$ 0.0012	458 $\pm$ 100	466 $\pm$ 17	467 $\pm$ 7
GW03036-21	213	386	36.2	0.0578 $\pm$ 0.0018	0.6671 $\pm$ 0.0205	0.0837 $\pm$ 0.0011	522 $\pm$ 67	519 $\pm$ 12	518 $\pm$ 6
GW03036-22	80.5	220	19.2	0.0572 $\pm$ 0.0016	0.6181 $\pm$ 0.0168	0.0784 $\pm$ 0.0010	498 $\pm$ 60	489 $\pm$ 11	486 $\pm$ 6
GW03036-23	250	549	46.9	0.0564 $\pm$ 0.0016	0.5918 $\pm$ 0.0164	0.0761 $\pm$ 0.0010	468 $\pm$ 62	472 $\pm$ 10	473 $\pm$ 6
GW03036-24	291	418	38.1	0.0531 $\pm$ 0.0010	0.5693 $\pm$ 0.0104	0.0778 $\pm$ 0.0009	332 $\pm$ 41	458 $\pm$ 7	483 $\pm$ 5
GW03036-25	125	193	17.6	0.0555 $\pm$ 0.0016	0.5802 $\pm$ 0.0161	0.0758 $\pm$ 0.0010	430 $\pm$ 61	465 $\pm$ 10	471 $\pm$ 6
GW03035-01	218	320	29.8	0.0571 $\pm$ 0.0010	0.6177 $\pm$ 0.0105	0.0785 $\pm$ 0.0009	495 $\pm$ 37	488 $\pm$ 7	487 $\pm$ 5
GW03035-02	491	423	46.4	0.0552 $\pm$ 0.0012	0.5981 $\pm$ 0.0129	0.0786 $\pm$ 0.0009	420 $\pm$ 47	488 $\pm$ 5	476 $\pm$ 8
GW03035-03	321	377	36.6	0.0556 $\pm$ 0.0013	0.6054 $\pm$ 0.0135	0.0790 $\pm$ 0.0009	437 $\pm$ 49	481 $\pm$ 9	490 $\pm$ 6
GW03035-04	62	132	11.1	0.0571 $\pm$ 0.0022	0.6113 $\pm$ 0.0228	0.0777 $\pm$ 0.0011	495 $\pm$ 82	484 $\pm$ 14	482 $\pm$ 6
GW03035-05	267	291	29.7	0.0575 $\pm$ 0.0018	0.6273 $\pm$ 0.0195	0.0791 $\pm$ 0.0010	512 $\pm$ 69	494 $\pm$ 12	491 $\pm$ 6
GW03035-06	658	434	52.5	0.0576 $\pm$ 0.0016	0.6184 $\pm$ 0.0167	0.0779 $\pm$ 0.0010	514 $\pm$ 59	489 $\pm$ 11	483 $\pm$ 6
GW03035-07	212	241	24.6	0.0584 $\pm$ 0.0013	0.6411 $\pm$ 0.0145	0.0796 $\pm$ 0.0009	544 $\pm$ 49	503 $\pm$ 9	494 $\pm$ 6
GW03035-08	1507	1269	142	0.0539 $\pm$ 0.0019	0.5971 $\pm$ 0.0210	0.0803 $\pm$ 0.0011	369 $\pm$ 79	475 $\pm$ 13	498 $\pm$ 6
GW03035-09	544	464	41.3	0.0597 $\pm$ 0.0016	0.5567 $\pm$ 0.0149	0.0676 $\pm$ 0.0008	593 $\pm$ 57	449 $\pm$ 10	422 $\pm$ 5
GW03035-10	571	570	57.5	0.0576 $\pm$ 0.0011	0.6340 $\pm$ 0.0123	0.0798 $\pm$ 0.0009	515 $\pm$ 42	499 $\pm$ 8	495 $\pm$ 5
GW03035-11	599	546	55.3	0.0577 $\pm$ 0.0012	0.6335 $\pm$ 0.0132	0.0797 $\pm$ 0.0009	516 $\pm$ 45	498 $\pm$ 8	494 $\pm$ 6
GW03035-12	106	270	24.0	0.0577 $\pm$ 0.0022	0.6334 $\pm$ 0.0241	0.0796 $\pm$ 0.0011	519 $\pm$ 83	498 $\pm$ 15	494 $\pm$ 7
GW03035-13	2078	1578	170	0.0562 $\pm$ 0.0007	0.6064 $\pm$ 0.0081	0.0782 $\pm$ 0.0009	460 $\pm$ 29	481 $\pm$ 5	486 $\pm$ 5
GW03035-14	351	329	32.5	0.0567 $\pm$ 0.0014	0.6069 $\pm$ 0.0145	0.0776 $\pm$ 0.0009	480 $\pm$ 53	482 $\pm$ 9	482 $\pm$ 6
GW03035-15	429	366	38.0	0.0585 $\pm$ 0.0015	0.6470 $\pm$ 0.0161	0.0802 $\pm$ 0.0010	549 $\pm$ 54	507 $\pm$ 10	497 $\pm$ 6
GW03035-16	447	409	44.4	0.0586 $\pm$ 0.0017	0.6812 $\pm$ 0.0191	0.0844 $\pm$ 0.0011	551 $\pm$ 61	528 $\pm$ 12	522 $\pm$ 6
GW03035-17	429	450	45.5	0.0567 $\pm$ 0.0012	0.6190 $\pm$ 0.0127	0.0792 $\pm$ 0.0009	480 $\pm$ 45	489 $\pm$ 8	491 $\pm$ 5
GW03035-18	207	212	24.0	0.0584 $\pm$ 0.0023	0.7088 $\pm$ 0.0275	0.0881 $\pm$ 0.0013	544 $\pm$ 84	544 $\pm$ 16	544 $\pm$ 7
GW03035-19	2019	1502	171	0.0560 $\pm$ 0.0007	0.6163 $\pm$ 0.0083	0.0798 $\pm$ 0.0009	453 $\pm$ 29	488 $\pm$ 5	495 $\pm$ 5
GW03035-20	41.6	236	18.6	0.0568 $\pm$ 0.0012	0.6180 $\pm$ 0.0132	0.0790 $\pm$ 0.0009	481 $\pm$ 47	489 $\pm$ 8	490 $\pm$ 6
GW03035-21	719	621	70.1	0.0581 $\pm$ 0.0021	0.6746 $\pm$ 0.0238	0.0842 $\pm$ 0.0012	534 $\pm$ 77	524 $\pm$ 14	521 $\pm$ 7
GW03035-22	90.3	129	13.9	0.0592 $\pm$ 0.0026	0.7148 $\pm$ 0.0309	0.0876 $\pm$ 0.0013	573 $\pm$ 93	548 $\pm$ 18	542 $\pm$ 8
GW03035-23	703	648	67.5	0.0575 $\pm$ 0.0012	0.6223 $\pm$ 0.0131	0.0785 $\pm$ 0.0009	509 $\pm$ 46	491 $\pm$ 8	487 $\pm$ 5
GW03035-24	491	478	49.2	0.0577 $\pm$ 0.0014	0.6167 $\pm$ 0.0152	0.0776 $\pm$ 0.0009	517 $\pm$ 54	488 $\pm$ 10	482 $\pm$ 6
GW03035-25	198	286	26.9	0.0573 $\pm$ 0.0019	0.6279 $\pm$ 0.0208	0.0795 $\pm$ 0.0011	502 $\pm$ 73	495 $\pm$ 13	493 $\pm$ 6

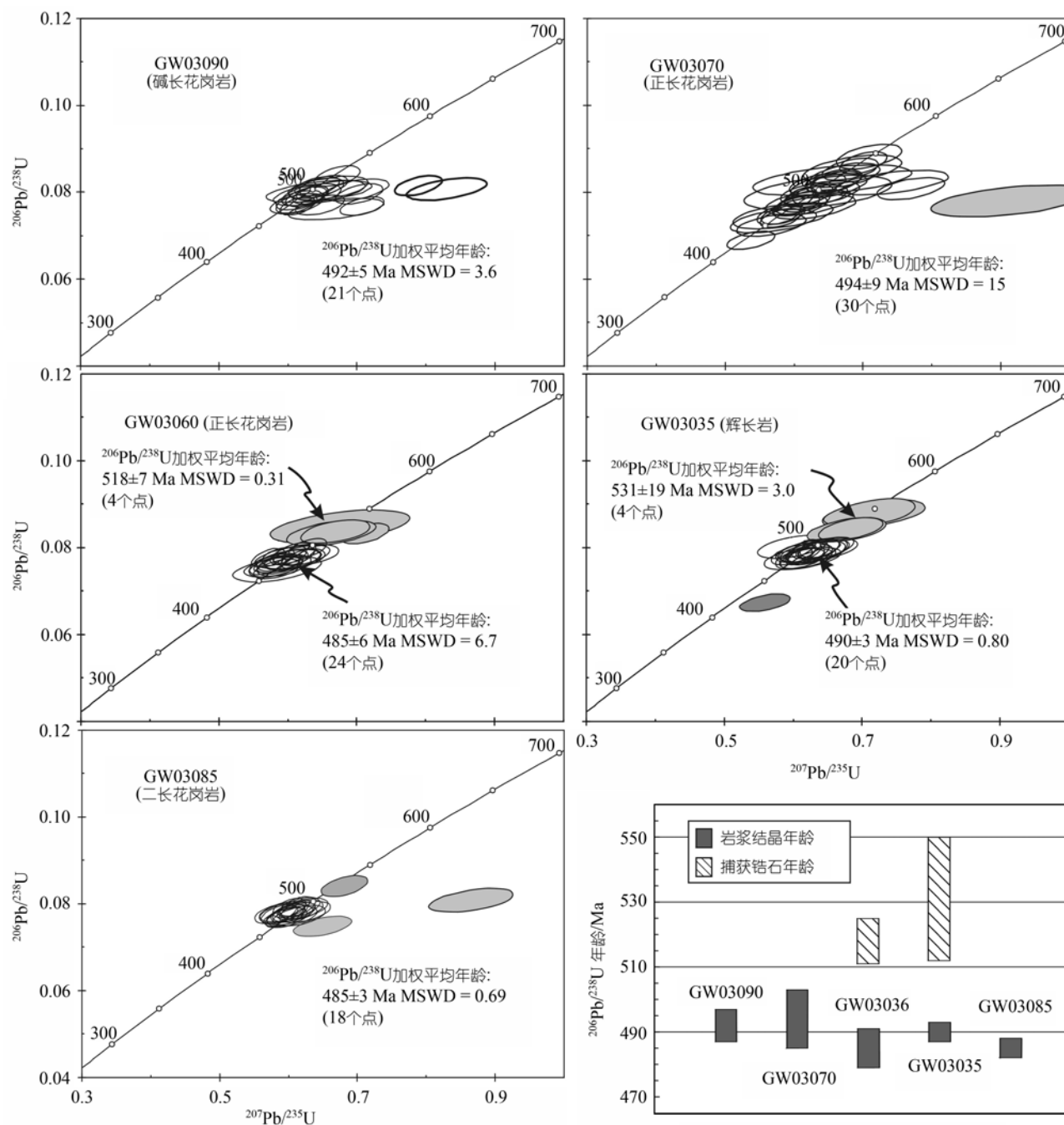


图2 塔河岩体锆石 U-Pb 谐和图

显生宙(<500 Ma), 本文以 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄计算. 单个分析点的分析误差为 1σ , 但加权平均后的同位素年龄误差为 2σ .

GW03090 采自塔河西(52°18'09"N, 124°24'06"E), 岩性为角闪碱长花岗岩, 该岩石出露规模较小, 呈岩株状出露于似斑状正长花岗岩中. 锆石均呈自形晶

并具有清晰的韵律环带结构, 表明其为岩浆结晶锆石. 除两个分析点略偏离谐和线外, 其他 20 颗锆石的测试结果均位于谐和线上, 22 个数据的加权平均年龄为 493 ± 5 Ma, MSWD=3.3.

样品 GW03070 采自塔河县城北采石场(52°21'16"N, 124°42'16"E), 为似斑状正长花岗岩. 锆石均呈自形

晶,并具有清晰的岩浆型振荡环带结构,表明其为岩浆结晶锆石. 31 个锆石颗粒的分析结果表明,除 1 个颗粒偏离谐和线外,其余颗粒全部位于谐和线上或其附近, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄介于 537~431 Ma 之间,除 431 Ma 样品外,其余均为 452~537 Ma 之间,30 个数据加权平均年龄为 494 ± 9 Ma, MSWD=15.

样品 GW03036 采自塔河县东公路边($52^{\circ}21'42''\text{N}$, $124^{\circ}47'48''\text{E}$),其岩性为中粗粒正长花岗岩. 对具岩浆型振荡环带的自形锆石分析表明,25 颗锆石除 1 颗偏离谐和线较远外,其余全部位于谐和线上或其附近. 但我们注意到,该样品的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄值具有两组,其中 4 个颗粒的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 值偏高,其加权平均年龄为 518 ± 7 Ma, MSWD=0.31; 其余 20 个颗粒的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄加权平均值为 480 ± 4 Ma, MSWD=1.9. 约 480 Ma 的一组锆石多为具振荡环带的自形晶,而 518 ± 7 Ma 的锆石则环带结构不如前者清楚,其晶体或者具很好的晶形(526 ± 9 Ma),或具有浑圆状的边界(518 ± 6 Ma, 516 ± 6 Ma),其浑圆状边缘有一薄的锆石环边(约 10 μm). 上述锆石均为岩浆结晶成因,但两组不同的年龄应该代表两次不同的岩浆事件. 因此我们推测 480 Ma 为中粗粒正长花岗岩的岩浆结晶年龄,而 518 Ma 的锆石为该岩石捕获的早期岩浆锆石,可能是该区早期花岗岩浆作用的产物.

样品 GW03035 采自与 GW03036 相同的位置,岩石类型为细粒角闪辉长岩,与正长花岗岩间具有明显的岩浆混合作用现象. 25 颗锆石的测试结果显示,除 1 颗锆石可能因为后期 Pb 丢失导致年龄偏低(422 ± 5 Ma)外,其余锆石颗粒分析数据全部位于谐和线上,其 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄变化范围为 481~544 Ma 之间. 与 GW03036 类似,该样品也具有两组年龄,第一组锆石 CL 图像显示出与正长花岗岩不同的特征,即具有较自形的晶体形态,但岩浆型振荡环带比正长花岗岩锆石宽或具有带状的特点,表明其为基性岩浆结晶的锆石,20 个颗粒的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄加权平均值为 490 ± 3 Ma, MSWD=0.80. 第二组锆石 CL 图像显示,该组锆石基本不显示岩浆振荡环带结构,晶体多为较圆滑状或不规则状,而 544 ± 7 Ma 的锆石则具有花岗岩锆石的环带特点,4 个颗粒的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄加权平均值为 531 ± 19 Ma, MSWD=3.0. 上述结果表明,该角闪辉长岩的结晶年龄为 490 Ma,该年龄结果与

正长花岗岩(GW03036)在误差范围内基本一致,也证明野外岩浆混合作用现象观察的正确性,其 531 Ma 的锆石可能是基性岩浆捕获的早期花岗岩锆石.

GW03085 样品采自塔林西公路旁(取样点位置: $52^{\circ}18'35.3''\text{N}$, $124^{\circ}32'43.4''\text{E}$)的黑云母二长花岗岩,为塔河杂岩体另一种重要的岩石类型. 所测锆石均具有清晰岩浆型振荡环带的自形晶. 21 颗锆石测试结果显示,除 1 颗锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄偏老(521 ± 6 Ma),1 颗位于谐和线的右侧外,其余颗粒全部位于谐和线上及附近,18 个数据加权平均年龄为 485 ± 3 Ma, MSWD=0.72.

4 讨论

4.1 塔河花岗岩体的侵位时代

根据角闪辉长岩的全岩 K-Ar 年龄为 305.5 Ma 及二长花岗岩的黑云母 K-Ar 年龄为 305~219 Ma,前人将塔河岩体作为海西期岩浆活动的产物¹⁾,或根据塔河岩体东部十九站岩体 458 Ma 的 Rb-Sr 年龄而将其划为加里东期^[20]. 但由于黑云母 K-Ar 体系具有较低的封闭温度以及 Rb-Sr 等时线未提供年龄误差,现在无法评价上述年龄是否正确地反映了岩体的侵位结晶年代.

本文对塔河岩体 5 个样品中自形晶岩浆锆石进行的 U-Pb 同位素测定显示,所测样品的数据点基本都位于 U-Pb 谐和线上及附近,表明这些年龄具有确切的地质含义,应代表岩浆侵位结晶年龄. 测定结果显示,塔河岩体的不同岩性样品均具有一致的年龄,其岩浆结晶年龄介于 480~494 Ma 之间,在误差范围内一致,即塔河岩体形成时代约为 490 Ma. 辉长岩与花岗岩具有一致的年龄,表明该区早古生代具有双峰式岩浆活动的特点. 因此,塔河岩体是一个早古生代侵入杂岩体. 岩体中 517~531 Ma 的捕获锆石具有花岗岩中锆石的特点,暗示该区存在更早一期的花岗岩岩浆作用事件. 虽然目前我们在塔河地区还没有发现这一期花岗岩体,但最近的研究资料表明,在额尔古纳地块北部确实存在约 520 Ma 花岗岩的记录^[21].

4.2 塔河岩体时代对额尔古纳地块构造属性的制约

在额尔古纳地块上,除塔河岩体为早古生代花岗岩外,漠河西部的洛古河岩体二长花岗岩和二长

1) 黑龙江省地质矿产局. 塔河区幅 1:20 万区调报告. 1985

闪长岩的锆石U-Pb年龄分别为504~517 Ma^[21],在漠河西古莲及漠河车站岩体也具有与塔河岩体一致的锆石U-Pb年龄,而且在额尔古纳地块的俄罗斯境内也发现存在467~472 Ma U-Pb年龄的淡色亚碱性花岗岩^[22]。从上述资料看,早古生代花岗岩在额尔古纳地块上普遍存在,而且具有面型分布的特点。

目前倾向性的认识认为^[23],本区的额尔古纳地块向西与蒙古东部的中蒙古和图瓦地块连成一体。但对这种连接的具体证据一直缺乏讨论。俄罗斯学者最近对图瓦地块的研究发现^[24],该区在536±6 Ma时开始发生造山型区域变质作用,并在490 Ma左右形成与本文研究的塔河杂岩体相似的花岗岩组合(报道的具体年龄为490±3, 489±3 和480±5 Ma^[24])。这一研究,不仅显示了古生代早期花岗岩在该区的存在,而且证明属后造山成因。同时以前认为的所谓图瓦前寒武纪古老地块实际上是一个造山带拼贴体。相似的结论也被在西伯利亚南部贝加尔地区的研究所证实^[25],显示在西伯利亚克拉通南缘存在古生代造山作用和花岗岩侵入。大兴安岭地区额尔古纳地块最古老的基底岩石为兴华渡口群,虽然目前对兴华渡口群的具体时代还存在不同的认识^[13,14]。作者最近获得的年代学资料虽然证实确有少部分岩石形成于前寒武纪,但它们与图瓦地块的前寒武纪岩石类似,并不是该块体的前寒武纪结晶基底(另文论述)。因此,根据本文所获得的塔河岩体的年代学资料,以及我们最近获得的额尔古纳地块所谓的元古代花岗岩绝大多数为中生代侵入体和兴华渡口群变质岩系的一部分为变形的显生宙花岗岩的结果(本文作者待发表资料),我们基本可以认为,额尔古纳、中蒙古和图瓦等地块是相互联系的几个块体,但它们都不是所谓的前寒武纪结晶地块。考虑在西伯利亚克拉通南缘也存在同样性质的地质体,我们推测这些地块可能是古生代早期增生到西伯利亚克拉通上的造山带拼贴体,属大陆边缘增生建造,只是其中含有少量较老的块体或物质而已。

4.3 塔河岩体的成因属性与额尔古纳-兴安地块的拼合时间

根据前述分析,我们认为额尔古纳地块是含少量前寒武纪碎块的早古生代造山拼贴体。然而本区南侧的兴安地块上,新开岭群和科洛杂岩曾被认为是前寒武纪或前奥陶纪的变质基底,或将其与额尔古纳地块的兴华渡口群进行对比,时代置于晚元古

代中期^[20]。但最新的研究结果表明^[5],上述新开岭群和科洛杂岩并非形成于前寒武纪,而是晚古生代的弧岩浆杂岩经变质变形改造的产物。因此,额尔古纳与兴安地块具有不同的基底时代,反映两者的早期历史完全不同,应属于不同的块体。新林蛇绿岩、伊敏河的头道桥和额尔古纳右旗东南的蓝片岩^[1,15]可以作为两地块分界标志(图1(a)),但对上述两地块碰撞拼合的时间目前还缺乏明确的认识。

本次研究的塔河杂岩体为上述问题的讨论提供了重要资料。正如前面所述,该岩体以似斑状正长花岗岩和中粒黑云母二长花岗岩为主(图1(b)),含少量角闪碱长花岗岩和角闪辉长岩,证明该岩浆作用具有双峰式的特点。这一岩石组合特征与典型的后造山花岗岩套完全类似^[26~28],表明该岩体应形成于后造山构造背景,据此限定出额尔古纳与兴安地块的拼贴作用至少发生在490 Ma以前。而目前的研究已限定松嫩地块与兴安地块的碰撞拼合时代大约在晚古生代^[5~10,29,30]。从这个意义上讲,大兴安岭地区额尔古纳与兴安地块的碰撞拼合时间要明显早于兴安与松嫩地块间的拼合时间,显示由北向南不同块体拼合时代变新的规律。

5 结论

() 塔河杂岩体的岩石组合以二长花岗岩、正长花岗岩为主、含少量碱长花岗岩和辉长岩,岩石成因类型为I型,为典型的后造山侵入体。

() 组成岩体不同岩石类型的锆石U-Pb年龄分布在480±4~494±9 Ma之间,表明它们是在约490 Ma时同时就位的。对比分析发现,该时代的花岗岩在中蒙古、图瓦以及西伯利亚克拉通南缘广泛发育,不仅表明塔河岩体所在的额尔古纳地块与上述地块具有密切的成因联系,同时说明上述诸块体实际上是以花岗岩为主要地质体的造山带物质。

() 塔河杂岩体的形成标志大兴安岭地区额尔古纳与兴安地块间碰撞拼合作用至少在490 Ma时已经结束,显示大兴安岭地区块体拼贴具有自北向南时代变新的规律。

致谢 感谢西北大学地质学系教育部大陆动力学重点实验室柳小明、高山和袁洪林及中国科学院地质与地球物理研究所徐平、马玉光、毛萼等在样品测试过程中给予的帮助。感谢评审专家王涛研究员和陈斌教授对文稿提出的建设性修改意见。本文工作受国家自然科学基金(批准号:40372038, 40325006)和国家油气专项(XQ-2004-07)资助。

参 考 文 献

- 1 叶惠文, 张兴洲, 周裕文. 从蓝片岩及蛇绿岩特点看满洲里-绥芬河断面岩石圈结构与演化. 见: M-SGT 地质课题组编. 中国满洲里-绥芬河地学断面域内岩石圈结构及其演化的地质研究. 北京: 地震出版社, 1994. 73~83
- 2 吴福元, 孙德有, 李惠民. 松辽盆地基底岩石的锆石 U-Pb 年龄. 科学通报, 2000, 45(6): 656~660[PDF]
- 3 Wu F Y, Sun D Y, Li H M, et al. The nature of basement beneath the Songliao Basin in NE China: Geochemical and isotopic constraints. *Phys Chem Earth (A)*, 2001, 26: 793~803
- 4 施光海, 刘敦一, 张福勤, 等. 中国内蒙古锡林郭勒杂岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年代学及意义. 科学通报, 2003, 48(20): 2187~2192[摘要][PDF]
- 5 苗来成, 范蔚茗, 张福勤, 等. 小兴安岭西北部新开岭-科洛杂岩锆石 SHRIMP 年代学研究及其意义. 科学通报, 2003, 48(22): 2315~2323[摘要][PDF]
- 6 孙德有, 吴福元, 李惠民, 林强. 小兴安岭西北部造山后 A 型花岗岩的时代及与索伦山-贺根山-扎赉特碰撞拼合带东延的关系. 科学通报, 2000, 45(20): 2217~2222[摘要][PDF]
- 7 Chen B, Jahn B M, Wilde S, et al. Two contrasting paleozoic magmatic belts in northern Inner Mongolia, China: Petrogenesis and tectonic implications. *Tectonophysics*, 2000, 328: 157~182[DOI]
- 8 Nozaka T, Liu Y. Petrology of the Hegenshan ophiolite and its implication for the tectonic evolution of northern China. *Earth Planet Sci Lett*, 2002, 202: 89~104[DOI]
- 9 Zhou M F, Zhang H F, Robinson P T. Comments on "Petrology of the Hegenshan ophiolite and its implication for the tectonic evolution of northern China" by T. Nozaka and Y. Liu [*Earth Planet Sci Lett* 202 (2002) 89~104]. *Earth Planet Sci Lett*, 2003, 217: 207~210[DOI]
- 10 施光海, 苗来成, 张福勤, 等. 内蒙古锡林浩特 A 型花岗岩的时代及区域构造意义. 科学通报, 2004, 49(4): 384~389[摘要][PDF]
- 11 李锦轶. 中国东北及邻区若干地质构造问题的新认识. 地质论评, 1998, 44(4): 339~347
- 12 李锦轶, 莫申国, 和政军, 等. 大兴安岭北段地壳左行走滑运动的时代及其对中国东北及邻区中生代以来地壳构造演化重建的制约. 地学前缘, 2004, 11(3): 157~168
- 13 表尚虎, 李仰春, 何晓华, 等. 黑龙江省塔河绿林林场一带兴华渡口群岩石地球化学特征. 中国区域地质, 1999, 18(1): 28~33
- 14 孙广瑞, 李仰春, 张昱. 额尔古纳地块基底地质构造. 地质与资源, 2002, 11(3): 129~139
- 15 李瑞山. 新林蛇绿岩. 黑龙江地质, 1991, 2(1): 19~31
- 16 周长勇, 葛文春, 吴福元, 等. 大兴安岭北段塔河辉长岩的岩石学特征及其构造意义. 吉林大学学报(地球科学版), 2005, 35(2): 143~149
- 17 袁洪林, 吴福元, 高山, 等. 东北地区新生代侵入体的锆石激光探针 U-Pb 年龄测定与稀土元素成分分析. 科学通报, 2003, 48(14): 1511~1520[摘要][PDF]
- 18 宋彪, 张玉海, 万渝生, 等. 锆石 SHRIMP 样品靶制作、年龄测定及有关现象讨论. 地质论评, 2002, 48(增刊): 26~30
- 19 Andersen T. Correction of common lead in U2Pb analyses that do not report ²⁰⁴Pb. *Chem Geol*, 2002, 192: 59~79[DOI]
- 20 黑龙江省地质矿产局. 黑龙江省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1993. 734
- 21 武广, 孙丰月, 赵财胜, 等. 额尔古纳地块北缘早古生代后碰撞花岗岩的发现及其地质意义. 科学通报, 2005, 50(出版中)
- 22 Sorokin A A, Kudryashov N M, Li J Y, et al. Early Paleozoic granitoids in the Eastern Margin of the Argun' Terrane, Amur area: first geochemical and geochronologic data. *Petrology*, 2004, 12(4): 367~376
- 23 Badarch G, Cunningham W D, Windley B F. A new terrane subdivision for Mongolia: implications for the Phanerozoic crustal growth of Central Asia. *J Asian Earth Sci*, 2002, 21: 87~110[DOI]
- 24 Salnikova E B, Kozakov I K, Kotov A B, et al. Age of Palaeozoic granites and metamorphism in the Tuvino-Mongolian Massif of the Central Asian Mobile Belt: Loss of a Precambrian microcontinent. *Precambrian Res*, 2001, 110: 143~164[DOI]
- 25 Salnikova E B, Sergeev S A, Kotov A B, et al. U-Pb zircon dating of granulite metamorphism in the Sludyanskiy Complex, eastern Siberia. *Gondwana Research*, 1998, 1: 195~205
- 26 Bonin B, Azzouni-Sekkal A, Bussy F, et al. Alkali-calcic and alkaline post-orogenic (PO) granite magmatism: Petrologic constraints and geodynamic settings. *Lithos*, 1998, 45: 45~70[DOI]
- 27 Liegeois J P. Some words on the post-collisional magmatism. *Lithos*, 1998, 45: X V ~ X VII
- 28 England C, Houseman G A. Extension during continental convergence with application to the Tibetan plateau. *J Geophys Res*, 1989, 94: 17561~17579
- 29 Wu F Y, Sun D Y, Li H M, et al. A-type granites in northeastern China: Age and geochemical constraints on their petrogenesis. *Chemical Geology*, 2002, 187: 143~173[DOI]
- 30 Robinson P T, Zhou M F, Hu X F, et al. Geochemical constraints on the petrogenesis and tectonic setting of the Hegenshan ophiolite, Northern China. *J Asian Earth Sci*, 1999, 17: 423~442[DOI]

(2005-02-04 收稿, 2005-05-24 收修改稿)