文章编号 10258-7106(2009)04-0481-12

LA-MC-ICP-MS 锆石微区原位 U-Pb 定年技术

侯可军1 李延河1 田有荣2

(1中国地质科学院矿产资源研究所国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室,北京 100037;2 赛默飞世尔科技(上海)有限公司,北京 100007)

摘 要 利用激光多接收等离子体质谱(LA-MC-ICP-MS)技术对 30~1 065 Ma 的系列锆石进行了详细的定年 研究。包含离子计数器的多接收系统使得不同质量数的同位素信号可以同时静态接收,并且不同质量数的峰基本 上都是平坦的,进而可以获得高精度的数据,均匀锆石颗粒²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb,²⁰⁶Pb/²³⁸U,²⁰⁷Pb/²³⁵U比值的测试精度(2σ) 均为 2% 左右,对锆石标准的定年精度和准确度在 1%(2σ)左右,不同质量数同位素信号的同时静态接收使得剥蚀时 间缩短,剥蚀深度变浅,相比 LA-ICP-MS 方法,提高了激光剥蚀的空间分辨率。对 5 个锆石标准和 2 个实际样品的 测试表明,²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄测定误差在 1%(2σ)以内,定年结果在误差范围内与前人报道值完全一致,测试精度达到 国际同类实验室先进水平。

关键词 地球化学 浩石 ;LA-MC-ICP-MS ;U-Pb 年代学
 中图分类号 : P597⁺.3
 文献标志码 ;A

In situ U-Pb zircon dating using laser ablation-multi ion counting-ICP-MS

HOU KeJun¹, LI YanHe¹ and TIAN YouRong²

(1 MRL Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2 Thermo Fisher Scientific (Shanghai) Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract

High resolution in situ U-Pb zircon geochronology on zoned grains can obtain isotope signatures from multiple growth or thermal events. We present a method using laser ablation-multicollector-inductively coupled plasma-mass spectrometry(LA-MC-ICP-MS) to overcome complications associated with intricately zoned zircon crystals through in situ sampling of zircon volumes as small as 12 μ m, 25 μ m and 40 μ m in diameter by about 10 μ m in depth. High precision U-Pb age of a series of zircon standard covering a wide age range of 30 to 1 065 Ma was acquired using LA-MC-ICP-MS. The precision of measured Pb/U ratios in homogeneous zircon is about 2% (2σ), resulting in routinely achieved precision of U-Pb ages obtained by external calibration of ~1%(2σ) or better. All masses of interest can be simultaneously recorded with a multi-ion counting system (MIC) operating in static mode, and the short ablation required to achieve such precision results in spatial resolution that is superior to comparable U-Pb zircon analyses by single collector ICP-MS. The resulting present U-Pb age for five zircon reference samples and two geological samples show an excellent agreement with the previously reported ID-TIMS or SHRIMP data.

Key words : geochemistry, zircon, LA-MC-ICP-MS, U-Pb geochronology

本研究得到国土资源部公益性行业科研专项经费(200811114)国土资源大调查项目(1212010816039)和公益性科研院所基本科研业务费(K2007-2-3, Ywf060712)的联合资助

第一作者简介 侯可军,1981年生,男,硕士,从事同位素地球化学研究。Email:kejunhou@126.com 收稿日期 2009-04-10;改回日期 2009-05-13。张绮玲编辑。

近年来,副矿物如锆石、独居石、金红石的激光 (多接收)等离子体质谱[LA-(MC)-ICP-MS]U-Pb 定年技术在分析精度方面有了很大的进步(袁洪林 等 2003 ;柳小明等 ,2007 ;谢烈文等 ,2008 ;Yuan et al., 2008; Simonetti et al., 2006; Cocherie et al., 2008; Johnston et al., 2009)。相对于其他定年方 法 ,LA(MC)-ICP-MS U-Pb 定年技术有着明显的优 点①制样流程简单;②空间分辨率高(10~100 μm) ③分析速度快,每个点只需几分钟;④相对于 SIMS(secondary ion mass spectrometry 和 ID-TIMS (isotope dilution-thermal ionization mass spectrometry 分析费用低。多接收等离子体质谱离子源的高 离子化效率和离子束平顶峰信号的同时接收使得 LA-MC-ICP-MS 分析技术在同位素地球化学和同位 素年代学领域得到了快速发展(Simonetti et al., 2006 ; Cocherie et al. , 2008 ; Johnston et al. , 2009) 并且,同一位置上获取的LA-MC-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位素分析结果可以对岩石的物质来源 以及壳幔相互作用过程中的地质问题等提供有力的 帮助。对于特殊的项目 需要进行大量锆石年龄分 析尤其是碎屑锆石年龄分析 ,LA-MC-ICP-MS 定年 技术的优势显得尤为突出。

本文介绍了利用中国地质科学院矿产资源研究 所的带有多个离子计数器(multi ion counters)的 Finnigan Neptune 型多接收电感耦合等离子体质谱 仪(MC-ICP-MS)及与之配套的 Newwave UP 213 Nd YAG 激光剥蚀系统建立的锆石微区 U-Pb 定年 方法。利用建立的方法对国内外实验室普遍使用的 锆石标准进行了测试,并对 2 个预先进行了 SHRIMP 测试的实际锆石样品进行了对比测试。

1 分析方法

锆石样品靶的制备与 SHRIMP 定年锆石样品制 备方法基本相同(宋彪等 2002),即首先将待测锆石样 品、锆石标准和人工合成的 NIST 612 硅酸盐玻璃分 别用胶粘在载玻片上,放上 PVC 环,然后将环氧树 脂和固化剂进行充分混合后注入 PVC 环中,待树脂 充分固化后将样品座从载玻片上剥离,并对其进行抛 光,直到样品露出一个光洁的平面,不镀金。样品测 定之前用酒精轻擦样品表面,以除去可能的污染。

测试 所 采 用 的 Neptune 型 MC-ICP-MS 及 Newwave UP 213 激光剥蚀系统的基本情况已在相 关文献中作过详细报道(侯可军等,2007;2008),在 此不再重复。采样方式为单点剥蚀,数据采集采用 所有信号同时静态方式接收,测试采用的杯结构和 仪器参数见表 1,信号较小的²⁰⁷ Pb、²⁰⁶ Pb、²⁰⁴ Pb (+²⁰⁴ Hg),²⁰² Hg用离子计数器接收,²⁰⁸ Pb、²³² Th、

MC-ICP-MS 杯结构											
IC5	IC4	IC3	IC2	L2	H2	H4					
²⁰² Hg	204 Pb + 204 Hg	²⁰⁶ Pb	²⁰⁷ Pb	²⁰⁸ Pb	²³² Th	²³⁸ U					
MC-ICP-MS 仪器	器参数	0									
仪器型号	1 4 W	🔿 🖉 Thermo Finr	nigan Neptune								
高频发生器	·功率/W	1200									
反射功率八	v	<3									
氩气流速	1 22										
冷却气/I	$-min^{-1}$	~15									
辅助气/I	$-min^{-1}$	~ 0.6									
样品气/I	$-min^{-1}$	~ 1.0									
锥		镍锥									
灵敏度		238 U :>40V	$/\mu \mathrm{g} \cdot \mathrm{g}^{-1}$, $^{206}\mathrm{Pb}$: 30	$0\ 000 {\rm cps/10 \mu g \cdot g^{-1}}$							
积分时间/s		0.131s,200	组,共需~27s								
空白采集时	间/s	~27s									
激光剥蚀系统参	数										
仪器型号		Newwave U	P 213								
载气及流速	$I L \cdot min^{-1}$	He :∼0.8									
能量密度		$\sim 2.5 \text{ J/cm}^2$									
激光剥蚀直	径	$12~\mu{ m m}$, $25~\mu{ m m}$	νm , 40 μm								
剥蚀频率		10Hz									

表 1 MC-ICP-MS 和激光剥蚀系统仪器参数 Table 1 MC-ICP-MS and laser ablation system operational settings

²³⁸U信号用法拉第杯接收,实现了所有目标同位素 信号的同时接收。在联接激光之前必须用 Pb、Th、 U的混合测试液对仪器进行质量标定和杯结构、透 镜参数进行优化。用约为 0.4×10⁻⁹的 NIST SRM981 Pb标准溶液对离子计数器的平区电压进行调节,调 节离子计数工作电压 ,对法拉第杯和离子计数器进 行交叉校正,保证4个离子计数器的计数效率在 80%~90%之间。离子计数器的线性稳定性以已知 ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 比值的标准溶液来测试,在²⁰⁶Pb 的计数 为3 000~2 000 000 范围内离子计数器的线性稳定 性优于 0.2%。图 1 反映了在不同剥蚀直径条件下 对 NIST 610 进行剥蚀,离子计数器在 10 000~ 1 800 000 cps间的线性一致性。在测试过程中绝大 多数样品的计数范围控制在1 500 000 cps以内以延 长离子计数器的使用寿命。离子计数器背景噪声优 于0.2 cps。

213 nm 激光的输出能量为 0.3 mJ/脉冲,在笔

者的工作过程中 除 SK10-2 锆石使用 40 μm 剥蚀直 径外,其余均使用 25 µm,剥蚀频率为 10Hz,输出能 量约为 2.5 J/cm²。测试采用高纯 Ar 气和 He 气 装 入样品靶后气体连续冲洗样品池约 2 小时 除去样 品池和气路中可能存在的普通 Pb。 锆石年龄采用 锆石 91500 或 GI1 或 TEM 作为外标,元素含量采用 NIST 612 或锆石 M127(U:923×10⁻⁶; Th:439× 10⁻⁶; Th/U:0.475. Nasdala et al., 2008)作为外 标。标准和样品测试前先对空白进行测量,故测试 时采用了空白-标准,空白-标准,空白-NIST 612 或 M127 ,空白-样品 ,空白-样品 ,..... ,空白-样品 ,空 白-标准,空白-标准的测试流程,标准、样品、空白均 采用 0.131 秒的积分时间,采集 200 组数据共计耗 时约 27 s。用测试过程前后 4 个标准对仪器的质量 歧视和漂移进行校正 ,样品的同位素比值和元素含 量计算采用 ICPMSDataCal (Liu et al., 2008)程序, 该程序同位素比值分馏校正计算公式为:

$$R_{sam}^{cor} = R_{sam}^{mea} \times R_{ref}^{std} \times (\frac{1}{R_{mea1}^{std}} \times (1 - \frac{t_{sam} - t_{std}^{mes1}}{t_{std}^{mea2} - t_{std}^{mes1}}) + \frac{1}{R_{mea2}^{std}} \times \frac{t_{sam} - t_{std}^{mes1}}{t_{std}^{mea2} - t_{std}^{mes1}})$$

 R_{sam}^{mea} 和 R_{sam}^{cor} 分别为样品测定的同位素比值和校 正后的同位素比值, R_{ref}^{std} 为同位素外标 std 的同位素 比值推荐值, R_{mea1}^{std} 和 R_{mea2}^{std} 分别为在样品前后两次 测定同位素外标 std 的同位素比值, t_{sam} 、 t_{sd}^{mes1} 和 t_{sd}^{mes2} 分别为样品及其前后两次测定同位素外标的时间 (实际计算中以分析次序代表时间变化)。同位素比 值分馏校正计算中的误差传递公式为:



 $\sigma_{R_{sam}}^{mea}$, $\sigma_{R_{ref}}^{std}$, $\sigma_{R_{mea1}}^{std}$, $\sigma_{R_{mea2}}^{std}$ 分别为样品的不确定度、外标 std 推荐值的不确定度(一般为 0.5%) 在样品前 后两次测定同位素外标 std 的不确定度。年龄计算 及谐和图的绘制采用 Isoplot 3.0(Ludwig, 2003)完成。锆石标准测试未进行普通铅校正,对样品²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb>200 的样品不进行普通铅校正,对样品²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb>200 的样品不进行普通铅校正,并通铅较高 的采用 Andsersen 等(2002)的方法进行校正。²⁰⁴Pb 信号由离子计数器检测,²⁰⁴Pb 特别高的分析点可能 受到锆石包体的影响,在数据处理时舍去。在每个 分析点信号稳定的 20 s内,²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb,²⁰⁶Pb/²³⁸U, ²⁰⁷Pb/²³⁵U 比值的内精度(2 σ)均为 1% 左右(图 2)。 对 锆石 Plesovice 进行的连续 20 次测量,²⁰⁷Pb/²⁰⁵Pb/²⁰⁵U 的测试精度(2 σ)均为

2%左右(表2)。

2 测试结果

2.1 锆石标准测试结果

(1)91500 锆石。这是一颗重达 238 g 的锆石, 是目前多数激光微区分析所采用的标准,它目前被 保存在美国哈佛矿物博物馆,样品产自加拿大安大 略省的 Renfrew 地区,该地区的主要岩石是变质正 长质片麻岩,并有晚期的正长伟晶岩脉侵入。该锆 石是目前世界上应用最广泛的 U-Pb、Lu-Hf 和 O 同 位素固体标准(Wiedenbeck et al., 1995;2004)。运 用 TIMS方法测定发现,该锆石基本谐和,所获得



图 1 不同剥蚀直径条件下对 NIST 610 进行剥蚀,

离子计数器在 10 000~180 0000 cps 的线性一致性

Fig. 1 MIC linearity between $10\ 000 \sim 180\ 0000$ cps under different ablation diameters of NIST 610



图 2 91 500 单次测量过程中从剥蚀开始后 5s~25s 内的同位素比值测试精度

Fig. 2 Typical internal precision of single measurement of 91500 in 20s after a \sim 5s pre-ablation

的²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 年龄有(1065.4±0.6) Ma(Wiedenbeck et al., 1995) (1066.6±1.4) Ma(Lopez et al., 2001), (1066.5±1.1) Ma(Paquette et al., 2001) (1065.5±0.5) Ma(Amelin et al., 2002), (1065.6±2.2) Ma(Chen et al., 2002) 和(1065.4±0.6) Ma(Nebel-Jacobsen et al., 2005)。因此,目前以1065 Ma作为91500 锆石的形成年龄。

本文利用 LA-MC-ICP-MS 在 25 µm 剥蚀直径, 10 Hz 剥蚀频率条件下,以 GJ1 为外标,在 3 个测试 流程的 32 个 U-Pb 数据点基本位于谐和线上,其 ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb和²⁰⁶Pb/²³⁸U年龄分别为(1048.2±4.0) Ma(2\sigma, n = 32)和(1065.6±3.5)Ma(2\sigma, n = 32)图 3 表 3),与前人报道的1065 Ma的推荐年龄吻合。

(2)GJ-1 锆石。它为澳大利亚 MacQuarie 大学 大陆地球化学与成矿作用研究中心(GEMOC)实验 室的 U-Pb 测定标准(Jackson et al., 2004)。该锆石

表 2 对锆石 Plesovice 在一个连续过程中的 LA-MC-ICP-MS 测试结果

Table 2 LA-MC-ICP-MS results for Plesovice international

zircon standard

Plesovice	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb / ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb / ²³⁸ U	1σ
1	0.0543	0.0003	0.4015	0.0059	0.0536	0.0008
2	0.0538	0.0003	0.4030	0.0045	0.0543	0.0006
3	0.0536	0.0003	0.4009	0.0049	0.0543	0.0007
4	0.0541	0.0003	0.4022	0.0048	0.0540	0.0006
5	0.0537	0.0003	0.3970	0.0044	0.0537	0.0006
6	0.0538	0.0004	0.4004	0.0045	0.0540	0.0006
7	0.0538	0.0003	0.3981	0.0047	0.0537	0.0006
8	0.0538	0.0003	0.3997	0.0053	0.0539	0.0007
9	0.0538	0.0003	0.4013	0.0052	0.0541	0.0007
10	0.0548	0.0013	0.3920	0.0077	0.0518	0.0007
11	0.0524	0.0011	0.3901	0.0068	0.0541	0.0007
12	0.0543	0.0003	0.4060	0.0057	0.0543	0.0007
13	0.0542	0.0014	0.4017	0.0086	0.0538	0.0007
14	0.0540	0.0003	0.4027	0.0052	0.0541	0.0007
15	0.0541	0.0003	0.4034	0.0045	0.0541	0.0006
16	0.0539	0.0003	0.4022	0.0051	0.0541	0.0007
17	0.0528	0.0011	0.3960	0.0067	0.0544	0.0006
18	0.0540	0.0003	0.4029	0.0049	0.0541	0.0006
19	0.0539	0.0003	0.4026	0.0056	0.0542	0.0007
20	0.0537	0.0003	0.4022	0.0059	0.0543	0.0008
平均值	0.0538		0.4003		0.0539	
std (2σ)	0.0010		0.0078		0.0011	
std(%)	1.86		1.95	211	2.04	

呈无色-褐色 粒径约 10 mm ,具体产地不明,推测可 能来自于东非的伟晶岩。阴极发光图像显示其不具 有明显的环带。Jackson 等人(2004)报道该锆石的 ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 年龄为(608.5±0.4) Ma,但显示一定的 不谐和,从而导致其²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄在 596.2 ~ 602.7 Ma 间变化。但原作者进行的 LA-ICP-MS 测 定显示,该锆石年龄是谐和的。该实验室后来报道 LA-ICP-MS 法确定的²⁰⁶ Pb/²³⁸U 年龄为(610.0 ± 1.7) Ma(2σ ,n = 46) Elhlou et al., 2006)。柳小明 等(2007)和谢烈文等(2008)的 LA-ICP-MS 测定也 显示其极为谐和,且其²⁰⁶ Pb/²³⁸U 年龄分别为 (603.2±2.4) Ma(n = 15)和(613±6)Ma(2σ ,n = 20)。

本文利用 LA-MC-ICP-MS 在 25 μm 剥蚀直径, 10 Hz 剥蚀频率条件下,以 91500 为外标,在两个测 试流程的 20 个 U-Pb 数据点也基本位于谐和线上, 其²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄为(607.0±2.8) Ma(2σ, n = 20) (图 3 表 3),与前人报道的结果在误差范围内完全 一致。

Mean=1065.5±3.5Ma(2s.n=32)

MSWD=0.070,probabiltity=1.000

Mean=607.0±2.8Ma(2s,n=20)

Mean=337.3±0.9Ma(2s,n=78)

Mean=31.84±0.17Ma(2s,n=19)

MSWD=0.68, probabilitity=0.83

MSWD=0.46, probabilitity=1.000

୬ €

Mean=337.2*2. Ma

MSWD=0.13,p 12µm,10Hz

MSWD=0.16,probabiltity=1.000





表 3	LA-M	C-ICP-MS标准锆石的同位素比值和年龄测定结果
Т	able 3	LA-MC-ICP-MS U-Pb data for zircon standard

79075 3σ ² pt/280 pt 1s 29 ² pt/280 pt 1s 29 ² pt/280 pt 1s 29 ² pt/280 pt 1s 20 ² pt/280 pt 1s 1s <th< th=""><th></th><th colspan="4">同位素比值</th><th colspan="8">U-Pb 年龄/Ma</th></th<>		同位素比值				U-Pb 年龄/ Ma							
91500 0101 0.07440 0.00049 1.88714 0.02518 0.17935 0.00175 1044 13 1062 9 1066 10 91500 0.07546 0.00043 1.87430 0.02518 0.17935 0.00175 1044 13 1072 10 1072 10 1073 9 1050 105 11 1065 8 1067 10 1073 1072 10 1073 10 1072 10 1073 9 1050 1016 0.07472 0.00033 1.88188 0.0274 0.00139 1055 15 1064 9 1066 10 91500 0.0737 0.00035 1.82806 0.02876 0.1793 0.00178 10 1064 10 1064 10 1064 10 1064 10 1064 10 1064 10 1064 10 1064 10 1065 10 1066 9 9 1500 0.07739 0.0080 <	分析亏	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ ²⁰	⁷ Pb / ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb / ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ
9150 01012 0.0736 0.00036 1.83292 0.0238 0.0173 1044 13 1072 10 170	91500 0101	0.07446	0.00049	1.84714	0.02513	0.17990	0.00186	1054	13	1062	9	1066	10
91500 0.07360 0.07461 0.0055 1.87430 0.02340 0.00157 1070 11 1065 8 10 91500 0.07442 0.00052 1.84796 0.02340 0.1033 0.0130 1051 15 1063 11 1064 9 91500 0.07372 0.00051 1.82390 0.01240 0.17949 0.00130 1055 15 1064 9 1066 10 91500 0.07373 0.00051 1.82300 0.012770 0.0016 1064 10 1065 11 1064 10 91500 0.07373 0.00049 1.83200 0.01771 0.00161 1034 165 10 1065 9 91500 0.07373 0.00059 1.83270 0.01771 0.0017 1033 0.0167 104 1055 10 1055 10 91500 0.07471 0.00051 1.83270 0.01770 0.0017 1033 0.017 1045 <t< td=""><td>91500 0102</td><td>0.07411</td><td>0.00049</td><td>1.83292</td><td>0.02518</td><td>0.17935</td><td>0.00175</td><td>1044</td><td>13</td><td>1057</td><td>9</td><td>1063</td><td>10</td></t<>	91500 0102	0.07411	0.00049	1.83292	0.02518	0.17935	0.00175	1044	13	1057	9	1063	10
91500 01044 0.07472 0.0055 1.84108 0.0233 0.1793 0.00164 19 11 1065 18 1067 10 91500 0.07472 0.0053 1.85188 0.02479 0.01379 1055 15 1064 9 1050 1055 18 1064 9 91500 0.07373 0.0055 1.8200 0.02208 0.17791 10.0016 1040 12 1054 11 1065 8 91500 0.07370 0.0052 1.83016 0.02206 0.17793 10.0161 1054 11 1065 8 91500 0.07373 0.0052 1.8307 0.0173 1.07046 10017 10.0161 163 16 1066 9 91500 0.0733 0.0059 1.83399 0.0173 1.07740 0.0017 1043 9 1057 10 1061 7 1065 10 91500 0.7472 0.00051 1.8319 <td< td=""><td>91500 0103</td><td>0.07506</td><td>0.00063</td><td>1.87430</td><td>0.02819</td><td>0.18114</td><td>0.00157</td><td>1070</td><td>17</td><td>1072</td><td>10</td><td>1073</td><td>9</td></td<>	91500 0103	0.07506	0.00063	1.87430	0.02819	0.18114	0.00157	1070	17	1072	10	1073	9
9150 010016 0.07432 0.00033 1.84780 0.02470 0.00161 1051 15 15 164 9 1064 9 1068 8 91500 0.07372 0.00051 1.82899 0.02300 0.1759 1035 15 104 10 1055 7 1066 10 91500 0.07373 0.00051 1.82400 0.02300 0.17879 0.0016 1034 10 1056 11 1064 10 91500 0.07370 0.000102 1.83800 0.01231 0.17977 0.0016 1034 16 1055 10 0.0165 0.17977 0.0161 1041 105 10 0.016 1.9390 1057 1040 9 1055 10 0.0177 1043 9 1057 10 0.0165 10790 0.0177 1043 9 1056 10 105 10 10 1055 10 1050 10011 1050 10 10 </td <td>91500 0104</td> <td>0.07464</td> <td>0.00050</td> <td>1.85408</td> <td>0.02324</td> <td>0.18003</td> <td>0.00186</td> <td>1059</td> <td>11</td> <td>1065</td> <td>8</td> <td>1067</td> <td>10</td>	91500 0104	0.07464	0.00050	1.85408	0.02324	0.18003	0.00186	1059	11	1065	8	1067	10
91500 0.07372 0.00033 1.55188 0.02470 0.18027 0.01302 0.03732 0.00051 1.52809 0.01798 0.00175 1034 10 1056 7 91500 0.07373 0.00051 1.52806 0.0228 0.17920 0.00178 1036 17 1054 10 1065 8 1062 9 91500 0.07373 0.00052 1.52403 0.0256 0.17970 0.00178 1036 17 1054 10 1066 9 91500 0.07373 0.00050 1.53205 0.01736 0.01713 0.1797 0.0167 1077 44 1005 8 1066 9 91500 0.01734 0.00050 1.53295 0.01747 0.01747 1031 15 1057 10 166 19 91500 0.07393 0.00051 1.83255 0.17970 0.00176 1039 15 1057 10 165 10 91500 0.07	91500 0105	0.07472	0.00052	1.84796	0.03036	0.17949	0.00160	1061	19	1063	11	1064	9
91500 0201 0.07373 0.00051 1.82899 0.02400 0.17989 0.00175 10.4 10 1055 7 1062 9 91500 0203 0.07379 0.00055 1.82403 0.02876 0.17920 0.0178 1035 17 1054 10 1062 9 91500 0205 0.07373 0.00042 1.82440 0.02866 0.17973 0.00169 18.3 17 1054 10 1066 9 91500 0205 0.07373 0.00092 1.83780 0.01213 0.17970 0.00171 1041 96 1055 9 1069 9 91500 0207 0.07429 0.00050 1.83392 0.11797 0.00171 1043 9 1056 7 1062 10 91500 0210 0.07439 0.00051 1.83486 0.17972 0.0017 1039 15 107 1066 10 91500 0301 0.07423 0.00051 1.83476 0.17920 0.0017 1031	91500 0106	0.07452	0.00053	1.85188	0.02479	0.18027	0.00139	1055	15	1064	9	1068	8
9150 0.07379 0.00055 1.82005 0.17911 0.00178 1036 17 1054 10 1063 10 9150 0.02050 0.07379 0.00052 1.83051 0.02280 0.17973 0.00188 1033 17 1054 11 1066 10 91500 0.07373 0.00052 1.83051 0.02280 0.17973 0.00188 1033 17 1054 11 1066 9 91500 0.07580 0.00059 1.83051 0.01713 0.01746 0.01714 0.0171 1041 9 1057 6 1065 8 91500 0.0747 0.00050 1.83399 0.0155 0.1797 0.0171 1049 9 1058 6 1064 11 91500 0.07349 0.00051 1.83215 0.17974 0.0175 1041 10 1085 7 1065 11 91500 0.07399 0.00051 1.83214 0.0226 0.1793 </td <td>91500 0201</td> <td>0.07372</td> <td>0.00051</td> <td>1.82899</td> <td>0.02040</td> <td>0.17989</td> <td>0.00175</td> <td>1034</td> <td>10</td> <td>1056</td> <td>7</td> <td>1066</td> <td>10</td>	91500 0201	0.07372	0.00051	1.82899	0.02040	0.17989	0.00175	1034	10	1056	7	1066	10
91500 0.07377 0.00050 1.82403 0.02376 0.17920 0.00178 1036 17 1054 10 1064 10 91500 0.07373 0.00052 1.83051 0.02802 0.17973 0.00189 1033 17 1054 11 1064 10 91500 0.07373 0.00052 1.83780 0.01232 0.01633 0.0167 1037 1044 1055 9 1066 9 91500 0.07493 0.00050 1.83292 0.01283 0.10790 0.00171 1043 9 1057 6 1064 10 91500 0.07429 0.00051 1.83328 0.0127 0.1790 0.0017 1037 10< 1056 7 1066 19 91500 0.07349 0.00045 1.84476 0.0283 0.1792 0.0017 1047 9 1056 7 1065 10 91500 0.0743 0.00055 1.84740 0.0128 0.179	91500 0202	0.07393	0.00055	1.82606	0.02208	0.17911	0.00160	1040	12	1055	8	1062	9
91500 0.0244 0.07373 0.00042 1.8341 0.02960 0.01781 0.01781 0.01052 1.033 17 1054 11 1064 10 91500 0.077580 0.00042 1.83780 0.017371 0.00152 1090 8 1074 6 1065 9 1060 9 91500 0.07470 0.00050 1.83292 0.17383 0.0171 1049 9 1058 6 1062 9 91500 0.07431 0.00051 1.83292 0.17383 0.01671 1049 9 1058 6 1062 9 91500 0.07391 0.00051 1.83215 0.01270 0.01671 10417 10 1058 7 1066 11 91500 0.07479 0.00051 1.84870 0.1792 0.0179 1044 10 1058 7 1066 10 91500<0301	91500 0203	0.07379	0.00050	1.82403	0.02876	0.17920	0.00178	1036	17	1054	10	1063	10
91500 (2025) 0.07737 0.00052 1.83051 0.2802 0.17968 0.00169 1234 16 1056 10 1066 9 91500 (2026) 0.07588 0.00050 1.83780 0.01222 0.18033 0.00171 1043 9 1057 6 10664 10 91500 (2026) 0.07428 0.00050 1.83329 0.01783 0.0171 10449 9 1058 6 1062 9 91500 (2020) 0.07423 0.00051 1.83215 0.02673 0.17970 0.00177 1052 10 1056 10 1056 10 91500 0301 0.0742 0.00045 1.84876 0.1792 0.00176 1044 10 1053 7 1062 10 1053 7 1062 10 1053 7 1062 10 1053 10 1056 10 1053 10 1056 10 1053 10 1056 10 1053 10 1056	91500 0204	0.07367	0.00042	1.82440	0.02966	0.17953	0.00188	1033	17	1054	11	1064	10
91500 0206 0.07580 0.00049 1.87880 0.1713 0.17880 0.00152 1090 8 1074 6 1065 8 91500 0207 0.07437 0.00059 1.83570 0.01252 0.18333 0.00176 1043 9 1057 6 1064 10 91500 0209 0.07438 0.00057 1.83329 0.01655 0.17970 0.00167 1039 15 107 10 1066 9 91500 0210 0.07328 0.00051 1.83325 0.02673 0.17970 0.00167 1039 15 1055 7 1066 11 91500 0302 0.07329 0.00051 1.83476 0.11855 0.17972 0.01074 1060 7 1065 10 91500 0305 0.07474 0.00051 1.83470 0.1022 0.17988 0.00214 1051 11 1053 7 1062 10 91500 0307 0.07432 0.00058 1.83470 0.17933 0.17989 <td>91500 0205</td> <td>0.07373</td> <td>0.00052</td> <td>1.83051</td> <td>0.02802</td> <td>0.17977</td> <td>0.00169</td> <td>1034</td> <td>16</td> <td>1056</td> <td>10</td> <td>1066</td> <td>9</td>	91500 0205	0.07373	0.00052	1.83051	0.02802	0.17977	0.00169	1034	16	1056	10	1066	9
91500 (2027) 0.07407 0.00050 1.85370 0.02522 0.17037 0.00177 1057 14 1056 9 1050 9 91500 (2028) 0.07429 0.00050 1.83399 0.01655 0.17970 0.00171 1043 9 1058 6 1062 9 91500 (210) 0.07429 0.00051 1.83345 0.17970 0.00171 1049 9 1058 6 1062 10 91500 (211) 0.07391 0.00051 1.83455 0.17970 0.00171 1041 9 1056 7 10662 10 91500 0330 0.07447 0.00051 1.83476 0.1792 0.01741 1060 9 1062 7 1065 10 91500 0330 0.0743 0.00051 1.83476 0.1793 0.0216 1050 11 1059 8 1064 12 91500 0306 0.0734 0.00053 1.84962 0.0219 0.17938 0.0216 1051 <	91500 0206	0.07580	0.00049	1.87880	0.01713	0.17968	0.00152	1090	8	1074	6	1065	8
91500 0208 0.07479 0.00050 1.83292 0.01783 0.01747 0.00171 1043 9 1057 6 1062 9 91500 0210 0.07438 0.00051 1.83215 0.02633 0.17970 0.00171 1049 9 1058 6 1062 9 91500 0210 0.07423 0.00051 1.83215 0.02673 0.17974 0.00176 107 9 1055 7 1062 10 91500 0301 0.07447 0.00051 1.84476 0.01285 0.17972 0.00174 106 9 1063 7 1065 10 91500 0305 0.07473 0.00055 1.84176 0.02263 0.17938 0.00144 1050 11 1059 8 1064 12 91500 0305 0.07473 0.00053 1.84140 0.02063 0.17938 0.00214 1056 14 1063 10 1053 7 1062 10 91500 0310 0.07333 0.00	91500 0207	0.07458	0.00059	1.85570	0.02522	0.18033	0.00167	1057	14	1065	9	1069	9
91500 0209 0.07429 0.00050 1.83399 0.01655 0.17990 0.00171 1049 9 1058 6 1062 9 91500 0211 0.07331 0.00051 1.83215 0.02673 0.17974 0.00167 1053 105 105 105 105 1065 7 10665 9 91500 0310 0.07422 0.00055 1.8448 0.02085 0.17982 0.00179 1054 9 1062 7 1065 10 91500 0303 0.07447 0.00055 1.84870 0.01825 0.17972 0.00179 1054 9 1062 7 1065 10 91500 0306 0.0743 0.00053 1.8490 0.02793 0.17988 0.00216 1050 10 1053 7 1063 10 91500 0306 0.0749 0.00053 1.8490 0.02199 0.17964 0.00191 1064 10 1063 7 1063 10 91500 0311 0.07329<	91500 0208	0.07407	0.00050	1.83292	0.01783	0.17947	0.00176	1043	9	1057	6	1064	10
91500 0210 0.07438 0.00047 1.84141 0.02063 0.17970 0.00167 1032 10 1061 7 1066 9 91500 0301 0.07321 0.00051 1.83058 0.01877 0.17974 0.00167 1039 15 1057 1066 11 91500 0302 0.07447 0.00045 1.84476 0.01855 0.17972 0.00174 1041 19 1063 7 1065 10 91500 0304 0.07447 0.00055 1.84776 0.0122 0.17938 0.00174 1060 10 1053 7 1062 10 91500 0305 0.07439 0.00053 1.84760 0.02738 0.0124 1054 10 1063 17 1063 10 1063 10 1063 10 1065 13 91500 0307 0.07442 0.00049 1.84462 0.02129 0.1794 0.00124 1054 11 1063 7 1063 1 1063 10	91500 0209	0.07429	0.00050	1.83399	0.01655	0.17909	0.00171	1049	9	1058	6	1062	9
91500 0211 0.07391 0.00051 1.83215 0.0273 0.17974 0.00176 1039 15 1057 10 1066 9 91500 0301 0.07399 0.00055 1.83068 0.0179 0.00175 1047 9 1056 7 1066 11 91500 0303 0.07447 0.00055 1.84476 0.0185 0.17972 0.00179 1054 9 1062 7 1065 10 91500 0306 0.0743 0.00058 1.84470 0.0122 0.17938 0.00124 1050 11 1059 8 1064 12 91500 0306 0.07379 0.00058 1.84900 0.02793 0.01793 0.00164 1055 14 1063 10 1063 10 1067 11 91500 0301 0.07393 0.00044 1.84462 0.0212 0.1744 1068 7 1063 10 1167 11 1058 7 1067 11 1050 1065 <td< td=""><td>91500 0210</td><td>0.07438</td><td>0.00047</td><td>1.84414</td><td>0.02063</td><td>0.17970</td><td>0.00187</td><td>1052</td><td>10</td><td>1061</td><td>7</td><td>1065</td><td>10</td></td<>	91500 0210	0.07438	0.00047	1.84414	0.02063	0.17970	0.00187	1052	10	1061	7	1065	10
91500 0301 0.07422 0.00046 1.83058 0.01871 0.179 0.00175 1047 9 1056 7 1062 10 91500 0302 0.07447 0.00045 1.84470 0.01855 0.17982 0.00174 1064 9 1062 7 1065 10 91500 0304 0.07447 0.00055 1.84170 0.01855 0.17938 0.00174 1060 9 1063 7 1065 10 91500 0306 0.07379 0.00058 1.82134 0.0208 0.17930 0.0014 10.83 7 1065 11 91500 0307 0.07442 0.00053 1.84462 0.0214 0.17966 0.0024 1053 7 1065 11 91500 0300 0.07448 0.00049 1.84462 0.02144 0.17966 0.0024 1053 7 1065 11 91500 0311 0.7727 0.0007 1.84462 0.01794 0.1802 0.0167 1041 108 60	91500 0211	0.07391	0.00051	1.83215	0.02673	0.17974	0.00167	1039	15	1057	10	1066	9
91500 0302 0.07399 0.00046 1.83468 0.02085 0.17972 0.00197 1041 10 1082 7 1065 10 91500 0304 0.07447 0.0005 1.84476 0.0182 0.17972 0.00179 1054 9 1062 7 1065 10 91500 0305 0.0743 0.0005 1.83716 0.02263 0.17938 0.00184 1036 10 1053 7 1065 11 91500 0306 0.07439 0.00064 1.84900 0.02793 0.17988 0.00214 101 1065 14 1063 10 1063 7 1066 11 91500 0309 0.07449 0.00049 1.84462 0.02114 0.17964 0.00273 1076 10 1063 7 1066 15 91500 0311 0.07327 0.00045 1.83420 0.01872 0.1802 0.0017 104 1063 7 1068 9 91500 0313 0.0732 0.000	91500 0301	0.07422	0.0005	1.83058	0.01817	0.179	0.00176	1047	9	1056	7	1062	10
91500 0303 0.07447 0.00045 1.84476 0.01855 0.17952 0.00174 1060 9 1062 7 1065 10 91500 0304 0.07477 0.0005 1.84870 0.0122 0.17958 0.00174 1060 9 1063 7 1065 10 91500 0306 0.07379 0.00058 1.82134 0.0208 0.17933 0.00184 1035 10 1063 7 1063 10 91500 0306 0.0742 0.00064 1.84900 0.0212 0.17923 0.00191 1066 10 1063 7 1063 10 91500 0310 0.07439 0.00064 1.84962 0.0259 0.17940 0.0017 1040 10 1058 7 1063 11 91500 0311 0.07327 0.0005 1.84380 0.1802 0.00175 1021 11 1054 8 10065 15 91500 0313 0.07312 0.00055 1.81320 0.1736 <td< td=""><td>91500 0302</td><td>0.07399</td><td>0.00046</td><td>1.83468</td><td>0.02085</td><td>0.17982</td><td>0.00195</td><td>1041</td><td>10</td><td>1058</td><td>7</td><td>1066</td><td>11</td></td<>	91500 0302	0.07399	0.00046	1.83468	0.02085	0.17982	0.00195	1041	10	1058	7	1066	11
91500 0304 0.07467 0.0005 1.84870 0.0192 0.17938 0.00174 1060 9 1063 7 1065 10 91500 0305 0.0733 0.00058 1.82134 0.0280 0.17938 0.0014 1035 10 1053 7 1062 10 91500 0306 0.0749 0.00058 1.82134 0.0280 0.17938 0.00191 1066 11 1063 7 1062 13 91500 0309 0.07449 0.00044 1.83462 0.0219 0.17966 0.0024 1054 11 1062 8 1065 11 91500 0310 0.0737 0.0007 1.86183 0.0259 0.1809 0.0017 1040 10 1053 7 1066 11 91500 0312 0.07457 0.0005 1.85196 0.1849 0.1802 0.00171 1621 9 1063 7 1068 9 91500 0315 0.07312 0.00051 1.85196 0.1849 </td <td>91500 0303</td> <td>0.07447</td> <td>0.00045</td> <td>1.84476</td> <td>0.01855</td> <td>0.17972</td> <td>0.00179</td> <td>1054</td> <td>9</td> <td>1062</td> <td>7</td> <td>1065</td> <td>10</td>	91500 0303	0.07447	0.00045	1.84476	0.01855	0.17972	0.00179	1054	9	1062	7	1065	10
91500 0305 0.7733 0.0005 1.83716 0.02263 0.17938 0.00126 1050 11 1059 8 1064 12 91500 0306 0.07379 0.00058 1.84104 0.0273 0.17988 0.00184 1035 10 1053 7 1062 10 91500 0306 0.0749 0.00033 1.84962 0.0219 0.17988 0.00191 1066 10 1063 7 1063 10 91500 0300 0.07448 0.00007 1.8483 0.0259 0.18009 0.00171 14 1068 9 1065 15 91500 0311 0.07339 0.00041 1.8483 0.0259 0.1802 0.00171 14 1063 7 1068 9 91500 0314 0.07327 0.0005 1.85196 0.0182 0.00173 1057 9 1064 7 1068 9 91500 0314 0.07312 0.0005 1.85196 0.01849 0.1802 0.00177 <td< td=""><td>91500 0304</td><td>0.07467</td><td>0.0005</td><td>1.84870</td><td>0.0192</td><td>0.17958</td><td>0.00174</td><td>1060</td><td>9</td><td>1063</td><td>7</td><td>1065</td><td>10</td></td<>	91500 0304	0.07467	0.0005	1.84870	0.0192	0.17958	0.00174	1060	9	1063	7	1065	10
91500 0306 0.07379 0.00088 1.82134 0.0208 0.17903 0.00184 103 10 1053 7 1062 10 91500 0307 0.07452 0.00064 1.84900 0.02793 0.17988 0.00239 1056 14 1063 10 1063 10 91500 0309 0.07448 0.00049 1.84462 0.0212 0.17964 0.00231 1075 14 1062 8 1065 11 91500 0311 0.07333 0.00064 1.83835 0.02569 0.179764 0.00273 1076 14 1068 9 1065 15 91500 0312 0.07439 0.00049 1.84840 0.01872 0.1802 0.00173 1057 9 1064 7 1068 9 91500 0314 0.07312 0.00055 1.8226 0.017376 0.00221 1017 14 1050 10 1066 14 G1-1 0101 0.6051 0.00127 0.82555 0.01274	91500 0305	0.0743	0.0005	1.83716	0.02263	0.17938	0.00216	1050	11	1059	8	1064	12
91500 0307 0.77452 0.00064 1.84900 0.0273 0.17988 0.00239 1056 14 1063 10 1066 13 91500 0308 0.0749 0.00033 1.84962 0.02124 0.17923 0.00191 1066 10 1063 7 1063 10 91500 0309 0.07448 0.00044 1.84385 0.02159 0.17964 0.00274 1075 14 1068 9 1065 15 91500 0312 0.07439 0.00049 1.84840 0.01872 0.1802 0.00176 1021 11 1054 8 1070 11 91500 0313 0.07326 0.00055 1.82296 0.02151 0.18052 0.00173 1057 9 1064 7 1068 9 91500 0314 0.07457 0.0005 1.8252 0.02151 0.18052 0.00173 1057 9 1064 7 1068 9 91500 0314 0.07457 0.00051 1.8152 0.01241 0.1157 0.0168 17 608 7 608 7	91500 0306	0.07379	0.00058	1.82134	0.0208	0.17903	0.00184	1036	10	1053	7	1062	10
91500 0308 0.0749 0.00053 1.84462 0.02194 0.17923 0.00191 1066 10 1063 7 1063 11 91500 0309 0.07448 0.00049 1.84462 0.02194 0.17966 0.00204 1054 11 1062 8 1065 11 91500 0310 0.07333 0.00044 1.83385 0.02569 0.17964 0.00171 1052 9 1063 7 1068 9 91500 0313 0.07326 0.00055 1.85296 0.02151 0.1802 0.00167 1052 9 1064 7 1068 9 91500 0315 0.07312 0.00055 1.85196 0.01849 0.1802 0.00173 1057 9 1064 7 1068 7 GJ-10101 0.06012 0.00151 0.8152 0.01017 622 17 10 7 608 7 608 7 608 7 608 6 G_1-10103 0.06053 0.001	91500 0307	0.07452	0.00064	1.84900	0.02793	0.17988	0.00239	1056	14	1063	10	1066	13
91500 0309 0.07448 0.00049 1.84462 0.02194 0.17966 0.00204 1054 11 1062 8 1067 11 91500 0310 0.07393 0.00064 1.83385 0.02059 0.18009 0.00171 1040 10 1052 7 1067 11 91500 0311 0.07325 0.00049 1.84840 0.01872 0.17964 0.00273 1075 9 1063 7 1068 9 91500 0313 0.07325 0.00055 1.82296 0.02151 0.1802 0.00173 1057 9 1064 7 1068 9 91500 0315 0.07312 0.00051 1.81550 0.01276 0.1796 0.00171 1057 9 1064 7 1068 9 91500 0315 0.07312 0.00051 1.81352 0.01276 0.00251 1017 14 1050 10 1066 14 G1-1010 0.60613 0.00102 0.8255 0.01281 0.01076 622 17 10 7 607 66 G1-1	91500 0308	0.0749	0.00053	1.84962	0.02012	0.17923	0.00191	1066	10	1063	7	1063	10
91500 0310 0.07393 0.00064 1.83385 0.02059 0.1800 0.00171 1040 10 1058 7 1067 11 91500 0311 0.07527 0.0007 1.86183 0.02569 0.17964 0.00273 1076 14 1068 9 1065 15 91500 0312 0.07326 0.00055 1.82296 0.02151 0.1802 0.00173 1057 9 1064 7 1068 9 91500 0315 0.07312 0.0005 1.81352 0.02134 0.17976 0.00251 1017 14 1050 10 1066 14 01101 0.66012 0.00151 0.81950 0.01366 0.09891 0.00107 622 17 10 7 607 6 01-1010 0.66013 0.00127 0.82355 0.01281 0.00107 682 5 606 9 606 6 6 61-10103 0.66028 0.00057 0.82323 0.01381 0.00107	91500 0309	0.07448	0.00049	1.84462	0.02194	0.17966	0.00204	1054	11	1062	8	1065	11
91500 0311 0.07527 0.0007 1.86183 0.02569 0.17964 0.00273 1076 14 1068 9 1065 15 91500 0312 0.07439 0.00049 1.84840 0.01872 0.1802 0.00176 1052 9 1063 7 1068 9 91500 0313 0.07326 0.00055 1.8226 0.02151 0.1802 0.00173 1057 9 1064 7 1068 9 91500 0315 0.07312 0.0005 1.8152 0.02734 0.17976 0.00251 1017 14 1050 10 1066 14 GJ-1 0101 0.06012 0.00151 0.81950 0.0136 0.09893 0.00176 622 17 10 7 607 6 GJ-1 0103 0.06055 0.0012 0.82668 0.0188 0.09830 0.0017 608 25 606 9 606 6 GJ-1 0103 0.60057 0.82323 0.01315 0.09916 0.0017 608 25 606 9 606 6 GJ-1 0106	91500 0310	0.07393	0.00064	1.83385	0.02059	0.18009	0.00197	1040	10	1058	7	1067	11
91500 0312 0.07439 0.00049 1.84840 0.01872 0.1802 0.00167 1052 9 1063 7 1068 9 91500 0313 0.07326 0.00055 1.82296 0.02151 0.18052 0.00173 1057 9 1064 7 1068 9 91500 0315 0.07457 0.00055 1.81352 0.02734 0.17976 0.00173 1057 9 1064 7 1066 14 GJ-1 0101 0.06012 0.00151 0.81950 0.0136 0.09893 0.00107 622 17 10 7 607 6 GJ-1 0102 0.06065 0.00127 0.82355 0.01281 0.09881 0.00107 622 17 10 7 607 6 GJ-1 0104 0.06013 0.00077 0.82627 0.01305 0.09903 0.00117 622 16 612 7 609 7 GJ-1 0105 0.06028 0.00077 0.82627 0.01305 0.0993 0.00117 622 16 612 7 609 7	91500 0311	0.07527	0.0007	1.86183	0.02569	0.17964	0.00273	1076	14	1068	9	1065	15
91500 0313 0.07326 0.00055 1.82296 0.02151 0.18052 0.00176 1021 (11 1054 8 1070 11 91500 0314 0.07457 0.0005 1.85196 0.01849 0.1802 0.00175 1057 9 1064 7 1068 9 91500 0315 0.07457 0.00051 1.81520 0.02734 0.17976 0.00251 1017 14 1050 10 10666 14 GJ-1 0102 0.06051 0.00127 0.82355 0.01281 0.09890 0.00107 622 17 10 7 607 6 GJ-1 0103 0.06065 0.00170 0.82668 0.01589 0.09890 0.00108 627 23 612 9 608 6 GJ-1 0105 0.06028 0.00057 0.82627 0.01305 0.00109 614 18 610 8 609 6 GJ-1 0106 0.6053 0.00077 0.82627 0.1305 0.09913 0.0117 622 16 612 7 609 7 6	91500 0312	0.07439	0.00049	1.84840	0.01872	0.1802	0.00167	1052	9	1063	7	1068	9
91500 0314 0.07457 0.0005 1.85196 0.01849 0.1802 0.00173 1057 9 1064 7 1068 9 91500 0315 0.07312 0.0005 1.81352 0.02734 0.17976 0.00251 1017 14 1050 10 1066 14 GJ-1 0102 0.06051 0.00127 0.82355 0.01281 0.09893 0.00107 622 17 10 7 607 6 GJ-1 0103 0.06055 0.00107 0.82355 0.01281 0.09890 0.00107 608 25 606 9 606 6 GJ-1 0104 0.06053 0.00057 0.82323 0.01381 0.09916 0.00107 608 25 606 9 606 6 GJ-1 0105 0.06028 0.00057 0.82627 0.01305 0.09910 0.00109 614 18 610 8 609 6 GJ-1 0107 0.06008 0.00077 0.81960 0.01207 0.09903 0.00115 602 15 606 7 608 7	91500 0313	0.07326	0.00055	1.82296	0.02151	0.18052	0.00196	1021		1054	8	1070	11
91500 0315 0.07312 0.0005 1.81352 0.02734 0.17976 0.00251 1017 14 1050 10 1066 14 GJ-1 0101 0.06012 0.00151 0.81950 0.01306 0.09893 0.00115 608 17 608 7 607 6 GJ-1 0103 0.06065 0.00102 0.82368 0.01589 0.09850 0.00107 622 17 10 7 607 6 GJ-1 0104 0.06013 0.00078 0.81613 0.01636 0.09855 0.00107 608 25 606 9 606 6 GJ-1 0105 0.06028 0.00057 0.82323 0.01305 0.09903 0.00117 622 16 612 7 609 7 GJ-1 0106 0.06053 0.00077 0.81669 0.01207 0.09901 0.00100 606 16 608 7 609 7 GJ-1 0107 0.06002 0.00126 0.81260 0.01207 0.09710 0.00122 611 14 604 6 602 7	91500 0314	0.07457	0.0005	1.85196	0.01849	0.1802	0.00173	1057	9	1064	7	1068	9
GJ-1 0101 0.06012 0.00151 0.81950 0.01306 0.09893 0.00115 608 17 608 7 608 7 GJ-1 0102 0.06051 0.00127 0.82355 0.01281 0.09891 0.00107 622 17 10 7 607 6 GJ-1 0104 0.06013 0.00078 0.81613 0.01636 0.09895 0.00107 608 25 606 9 606 6 GJ-1 0104 0.06013 0.00077 0.82627 0.01305 0.09903 0.00117 622 16 612 7 609 7 GJ-1 0106 0.06053 0.00077 0.82627 0.01305 0.09903 0.00117 622 16 612 7 609 7 GJ-1 0107 0.60082 0.00077 0.81960 0.01240 0.09803 0.00115 602 15 606 7 609 7 GJ-1 0107 0.60022 0.00126 0.81242 0.01157 0.09791 0.00126 616 18 603 8 600 7 <t< td=""><td>91500 0315</td><td>0.07312</td><td>0.0005</td><td>1.81352</td><td>0.02734</td><td>0.17976</td><td>0.00251</td><td>1017</td><td>14</td><td>1050</td><td>10</td><td>1066</td><td>14</td></t<>	91500 0315	0.07312	0.0005	1.81352	0.02734	0.17976	0.00251	1017	14	1050	10	1066	14
G]-1 0102 0.06051 0.00127 0.82355 0.01281 0.09881 0.00107 622 17 10 7 607 6 GJ-1 0103 0.06065 0.00102 0.82668 0.01589 0.09890 0.00107 608 25 606 9 608 6 GJ-1 0104 0.06013 0.00078 0.82623 0.01381 0.09916 0.00107 608 25 606 9 606 6 GJ-1 0105 0.06028 0.00057 0.82627 0.01305 0.09903 0.00117 622 16 612 7 609 7 GJ-1 0107 0.06008 0.00077 0.81669 0.01207 0.09903 0.00115 602 15 606 7 608 7 GJ-1 0107 0.06022 0.00126 0.81242 0.01157 0.09791 0.00122 611 14 604 6 602 7 GJ-1 0109 0.6022 0.0014 0.81458 0.01297 0.09791 0.00122 611 14 604 6 602 7	GJ-1 0101	0.06012	0.00151	0.81950	0.01306	0.09893	0.00115	608	17	608	7	608	7
G]-1 0103 0.06065 0.00102 0.82668 0.01589 0.09890 0.00108 627 23 612 9 608 6 GJ-1 0104 0.06013 0.00078 0.81613 0.01636 0.09855 0.00107 608 25 606 9 606 6 GJ-1 0105 0.06028 0.00057 0.82323 0.01305 0.09903 0.00117 622 16 612 7 609 7 GJ-1 0107 0.06088 0.00077 0.82627 0.01305 0.09901 0.00100 606 16 608 7 609 6 GJ-1 0107 0.06088 0.00077 0.81689 0.01207 0.09901 0.00122 611 14 604 6 602 7 GJ-1 0109 0.06022 0.00126 0.81242 0.01157 0.09791 0.00122 611 14 604 6 602 7 GJ-1 010 0.66035 0.00144 0.81458 0.0129 0.09790 0.00101 618 18 605 7 602 6	GJ-1 0102	0.06051	0.00127	0.82355	0.01281	0.09881	0.00107	622	17	10	7	607	6
GJ-1 0104 0.06013 0.00078 0.81613 0.01036 0.09855 0.00107 608 25 606 9 606 6 GJ-1 0105 0.06028 0.00057 0.82233 0.01381 0.09916 0.00109 614 18 610 8 609 6 GJ-1 0106 0.06053 0.00077 0.82627 0.01305 0.09901 0.00117 622 16 612 7 609 7 GJ-1 0107 0.06008 0.00077 0.81660 0.0127 0.09901 0.00115 602 15 606 7 608 7 GJ-1 0108 0.05997 0.00126 0.81242 0.01157 0.09791 0.00122 611 14 604 6 602 7 GJ-1 0110 0.06035 0.00124 0.81255 0.01237 0.09790 0.01010 618 18 605 7 602 6 GJ-1 0202 0.06035 0.00044 0.82665 0.01237 0.09914 0.00122 616 15 610 7 608 7 <td>GJ-1 0103</td> <td>0.06065</td> <td>0.00102</td> <td>0.82668</td> <td>0.01589</td> <td>0.09890</td> <td>0.00108</td> <td>627</td> <td>23</td> <td>612</td> <td>9</td> <td>608</td> <td>6</td>	GJ-1 0103	0.06065	0.00102	0.82668	0.01589	0.09890	0.00108	627	23	612	9	608	6
$ \begin{array}{c} G]-1\ 0105 & 0.\ 06028 & 0.\ 00057 & 0.\ 82323 & 0.\ 01381 & 0.\ 09916 & 0.\ 00109 & 614 & 18 & 610 & 8 & 609 & 6 \\ G]-1\ 0106 & 0.\ 06053 & 0.\ 00057 & 0.\ 82627 & 0.\ 01305 & 0.\ 09903 & 0.\ 00117 & 622 & 16 & 612 & 7 & 609 & 7 \\ G]-1\ 0107 & 0.\ 06008 & 0.\ 00077 & 0.\ 81689 & 0.\ 01207 & 0.\ 09901 & 0.\ 00100 & 606 & 16 & 608 & 7 & 609 & 6 \\ G]-1\ 0108 & 0.\ 05997 & 0.\ 00101 & 0.\ 81689 & 0.\ 01240 & 0.\ 09833 & 0.\ 00115 & 602 & 15 & 606 & 7 & 608 & 7 \\ G]-1\ 0109 & 0.\ 6022 & 0.\ 00126 & 0.\ 81242 & 0.\ 01157 & 0.\ 09791 & 0.\ 00122 & 611 & 14 & 604 & 6 & 602 & 7 \\ G]-1\ 0109 & 0.\ 6035 & 0.\ 00152 & 0.\ 81155 & 0.\ 01299 & 0.\ 09791 & 0.\ 00126 & 616 & 18 & 603 & 8 & 600 & 7 \\ G]-1\ 0201 & 0.\ 06035 & 0.\ 00044 & 0.\ 81458 & 0.\ 01299 & 0.\ 09790 & 0.\ 00116 & 618 & 18 & 605 & 7 & 602 & 6 \\ G]-1\ 0202 & 0.\ 06035 & 0.\ 00044 & 0.\ 82465 & 0.\ 01237 & 0.\ 09894 & 0.\ 00122 & 616 & 15 & 610 & 7 & 608 & 7 \\ G]-1\ 0203 & 0.\ 06045 & 0.\ 00040 & 0.\ 82465 & 0.\ 01231 & 0.\ 09907 & 0.\ 00116 & 620 & 16 & 611 & 7 & 609 & 7 \\ G]-1\ 0204 & 0.\ 60455 & 0.\ 00039 & 0.\ 82609 & 0.\ 01241 & 0.\ 09916 & 0.\ 00103 & 620 & 16 & 611 & 7 & 609 & 6 \\ G]-1\ 0205 & 0.\ 06055 & 0.\ 00036 & 0.\ 82697 & 0.\ 01130 & 0.\ 09913 & 0.\ 00106 & 623 & 14 & 612 & 6 & 609 & 6 \\ G]-1\ 0206 & 0.\ 06042 & 0.\ 00039 & 0.\ 82697 & 0.\ 01130 & 0.\ 09843 & 0.\ 00104 & 619 & 17 & 608 & 7 & 605 & 6 \\ G]-1\ 0206 & 0.\ 06042 & 0.\ 00039 & 0.\ 82296 & 0.\ 01124 & 0.\ 09843 & 0.\ 00107 & 621 & 12 & 610 & 6 & 608 & 6 \\ G]-1\ 0207 & 0.\ 06048 & 0.\ 00037 & 0.\ 82417 & 0.\ 01056 & 0.\ 09890 & 0.\ 00107 & 621 & 12 & 610 & 6 & 608 & 6 \\ G]-1\ 0208 & 0.\ 06047 & 0.\ 00038 & 0.\ 82296 & 0.\ 01140 & 0.\ 09880 & 0.\ 00102 & 608 & 12 & 608 & 6 & 608 & 6 \\ G]-1\ 0209 & 0.\ 60695 & 0.\ 00050 & 0.\ 82918 & 0.\ 01207 & 0.\ 09879 & 0.\ 00107 & 638 & 15 & 613 & 7 & 607 & 6 \\ G]-1\ 0209 & 0.\ 6095 & 0.\ 00050 & 0.\ 82918 & 0.\ 01207 & 0.\ 09879 & 0.\ 00107 & 638 & 15 & 613 & 7 & 607 & 6 \\ G]-1\ 0210 & 0.\ 06012 & 0.\ 00040 & 0.\ 829208 & 0.\ 01004 & 0.\ 098$	GJ-1 0104	0.06013	0.00078	0.81613	0.01636	0.09855	0.00107	608	25	606	9	606	6
GJ-1 0106 0.06053 0.00057 0.82627 0.01305 0.09903 0.00117 622 16 612 7 609 7 GJ-1 0107 0.06008 0.00077 0.81960 0.01207 0.09901 0.00100 606 16 608 7 609 6 GJ-1 0108 0.05997 0.00101 0.81689 0.01240 0.09883 0.00115 602 15 606 7 608 7 GJ-1 0109 0.06022 0.00126 0.81242 0.01157 0.09791 0.00122 611 14 604 6 602 7 GJ-1 0110 0.06035 0.00152 0.81155 0.01439 0.09761 0.00126 616 18 603 8 600 7 GJ-1 0201 0.06035 0.00044 0.81458 0.01299 0.09790 0.00116 618 18 605 7 602 6 GJ-1 0202 0.06045 0.00040 0.82465 0.01237 0.09894 0.00122 616 611 7 609 6	GJ-1 0105	0.06028	0.00057	0.82323	0.01381	0.09916	0.00109	614	18	610	8	609	6
$ \begin{array}{c} G]-1\ 0107 & 0.06008 & 0.00077 & 0.81960 & 0.01207 & 0.09901 & 0.00100 & 606 & 16 & 608 & 7 & 609 & 6 \\ G]-1\ 0108 & 0.05997 & 0.00101 & 0.81689 & 0.01240 & 0.09883 & 0.00115 & 602 & 15 & 606 & 7 & 608 & 7 \\ G]-1\ 0109 & 0.06022 & 0.00126 & 0.81242 & 0.01157 & 0.09791 & 0.00122 & 611 & 14 & 604 & 6 & 602 & 7 \\ G]-1\ 0110 & 0.06035 & 0.00152 & 0.81155 & 0.01439 & 0.09761 & 0.00126 & 616 & 18 & 603 & 8 & 600 & 7 \\ G]-1\ 0201 & 0.06039 & 0.00044 & 0.81458 & 0.01299 & 0.09790 & 0.00101 & 618 & 18 & 605 & 7 & 602 & 6 \\ G]-1\ 0202 & 0.06035 & 0.00041 & 0.82266 & 0.01237 & 0.09894 & 0.00122 & 616 & 15 & 610 & 7 & 608 & 7 \\ G]-1\ 0203 & 0.06045 & 0.00040 & 0.82465 & 0.01281 & 0.09907 & 0.00116 & 620 & 16 & 611 & 7 & 609 & 7 \\ G]-1\ 0204 & 0.06045 & 0.00039 & 0.82609 & 0.01241 & 0.09913 & 0.00106 & 623 & 14 & 612 & 6 & 609 & 6 \\ G]-1\ 0205 & 0.06055 & 0.00036 & 0.82697 & 0.01130 & 0.09843 & 0.00104 & 619 & 17 & 608 & 7 & 605 & 6 \\ G]-1\ 0206 & 0.06042 & 0.00039 & 0.81950 & 0.01294 & 0.09843 & 0.00107 & 621 & 12 & 610 & 6 & 608 & 6 \\ G]-1\ 0207 & 0.06048 & 0.00037 & 0.82417 & 0.01056 & 0.09890 & 0.00107 & 621 & 12 & 610 & 6 & 608 & 6 \\ G]-1\ 0208 & 0.06047 & 0.00038 & 0.82296 & 0.01140 & 0.09879 & 0.00123 & 621 & 13 & 610 & 6 & 608 & 6 \\ G]-1\ 0209 & 0.06095 & 0.00050 & 0.82918 & 0.01207 & 0.09879 & 0.00107 & 638 & 15 & 613 & 7 & 607 & 6 \\ G]-1\ 0209 & 0.06095 & 0.00050 & 0.82918 & 0.01207 & 0.09879 & 0.00107 & 638 & 15 & 613 & 7 & 607 & 6 \\ G]-1\ 0209 & 0.06095 & 0.00050 & 0.82918 & 0.01207 & 0.09879 & 0.00102 & 608 & 12 & 608 & 6 & 608 & 6 \\ Plesovice\ 0101 & 0.05310 & 0.00040 & 0.39230 & 0.00448 & 0.05360 & 0.0052 & 333 & 12 & 336 & 3 & 337 & 3 \\ Plesovice\ 0103 & 0.05340 & 0.00041 & 0.38852 & 0.00473 & 0.05315 & 0.00058 & 331 & 12 & 333 & 334 & 4 \\ Plesovice\ 0103 & 0.05340 & 0.00041 & 0.38852 & 0.00473 & 0.05315 & 0.00058 & 331 & 12 & 330 & 3 & 339 & 3 \\ \end{array}$	GJ-1 0106	0.06053	0.00057	0.82627	0.01305	0.09903	0.00117	622	16	612	7	609	7
GJ-1 0108 0.05997 0.00101 0.81689 0.01240 0.09883 0.00115 602 15 606 7 608 7 GJ-1 0109 0.06022 0.00126 0.81242 0.01157 0.09791 0.00122 611 14 604 6 602 7 GJ-1 0110 0.06035 0.00152 0.81155 0.01439 0.09761 0.00126 616 18 603 8 600 7 GJ-1 0201 0.06039 0.00044 0.81458 0.01299 0.09790 0.00101 618 18 605 7 602 6 GJ-1 0202 0.06035 0.00040 0.82465 0.01237 0.09894 0.00122 616 15 610 7 608 7 GJ-1 0203 0.66045 0.00040 0.82465 0.01241 0.09907 0.00103 620 16 611 7 609 6 GJ-1 0205 0.66055 0.00039 0.82697 0.01130 0.09913 0.00104 619 17 608 7 605 6 <td>GJ-1 0107</td> <td>0.06008</td> <td>0.00077</td> <td>0.81960</td> <td>0.01207</td> <td>0.09901</td> <td>0.00100</td> <td>606</td> <td>16</td> <td>608</td> <td>7</td> <td>609</td> <td>6</td>	GJ-1 0107	0.06008	0.00077	0.81960	0.01207	0.09901	0.00100	606	16	608	7	609	6
GJ-1 0109 0.06022 0.00126 0.81242 0.01157 0.09791 0.00122 611 14 604 6 602 7 GJ-1 0110 0.06035 0.00152 0.81155 0.01439 0.09761 0.00126 616 18 603 8 600 7 GJ-1 0201 0.06039 0.00044 0.81458 0.01299 0.09790 0.00101 618 18 605 7 602 6 GJ-1 0202 0.06035 0.00041 0.82266 0.01237 0.09894 0.00122 616 15 610 7 608 7 GJ-1 0203 0.06045 0.00040 0.82465 0.01231 0.09907 0.00116 620 16 611 7 609 7 GJ-1 0204 0.06045 0.00039 0.82609 0.01241 0.09913 0.00103 620 16 611 7 609 6 GJ-1 0205 0.06055 0.00036 0.82697 0.01130 0.09913 0.00106 623 14 612 6 609 6 GJ-1 0206 0.06042 0.0037 0.82417 0.01294 0.09843 0.00107 621 12 610 6 608 6 GJ-1 0208 0.06047 0.0038 0.82296 0.01140 0.09880 0.00123 621 13 610 6 608 6 GJ-1 0209 0.06047 0.0038 0.82296 0.0104 0.09880 <th< td=""><td>GJ-1 0108</td><td>0.05997</td><td>0.00101</td><td>0.81689</td><td>0.01240</td><td>0.09883</td><td>0.00115</td><td>602</td><td>15</td><td>606</td><td>7</td><td>608</td><td>7</td></th<>	GJ-1 0108	0.05997	0.00101	0.81689	0.01240	0.09883	0.00115	602	15	606	7	608	7
GJ-1 0110 0.06035 0.00152 0.81155 0.01439 0.09761 0.00126 616 18 603 8 600 7 GJ-1 0201 0.06039 0.00044 0.81458 0.01299 0.09790 0.00101 618 18 605 7 602 6 GJ-1 0202 0.06035 0.00041 0.82266 0.01237 0.09894 0.00122 616 15 610 7 608 7 GJ-1 0203 0.06045 0.00040 0.82465 0.01281 0.09907 0.00116 620 16 611 7 609 7 GJ-1 0204 0.06045 0.00039 0.82609 0.01241 0.09916 0.00103 620 16 611 7 609 6 GJ-1 0205 0.06055 0.00036 0.82697 0.01130 0.09913 0.00106 623 14 612 6 609 6 GJ-1 0206 0.06042 0.00037 0.82417 0.01256 0.09843 0.00107 621 12 610 6 608 6 GJ-1 0208 0.06047 0.0038 0.82296 0.01140 0.9880 0.00123 621 13 610 6 608 6 GJ-1 0208 0.06047 0.0038 0.82296 0.01140 0.9880 0.00123 621 13 610 6 607 7 GJ-1 0209 0.06095 0.00050 0.82918 0.01207 0.98879 <th< td=""><td>GJ-1 0109</td><td>0.06022</td><td>0.00126</td><td>0.81242</td><td>0.01157</td><td>0.09791</td><td>0.00122</td><td>611</td><td>14</td><td>604</td><td>6</td><td>602</td><td>7</td></th<>	GJ-1 0109	0.06022	0.00126	0.81242	0.01157	0.09791	0.00122	611	14	604	6	602	7
GJ-1 0201 0.00039 0.00044 0.81438 0.01299 0.09790 0.00101 618 18 605 7 602 6 GJ-1 0202 0.06035 0.00041 0.82266 0.01237 0.09894 0.00122 616 15 610 7 608 7 GJ-1 0203 0.06045 0.00040 0.82465 0.01281 0.09907 0.00116 620 16 611 7 609 7 GJ-1 0204 0.06045 0.00039 0.82609 0.01241 0.09916 0.00103 620 16 611 7 609 6 GJ-1 0205 0.06055 0.00036 0.82697 0.01130 0.09913 0.00106 623 14 612 6 609 6 GJ-1 0206 0.06042 0.00037 0.82417 0.01294 0.09843 0.00107 621 12 610 6 608 6 GJ-1 0207 0.06048 0.00037 0.82417 0.01056 0.09890 0.00107 621 12 610 6 608 6 GJ-1 0208 0.06047 0.00038 0.82296 0.01140 0.09880 0.00123 621 13 610 6 608 6 GJ-1 0209 0.06095 0.00050 0.82918 0.01207 0.09879 0.00107 638 15 613 7 607 6 GJ-1 0210 0.06012 0.00040 0.82008 0.01004 0.09895 <td>GJ-1 0110</td> <td>0.06035</td> <td>0.00152</td> <td>0.81155</td> <td>0.01439</td> <td>0.09761</td> <td>0.00126</td> <td>616</td> <td>18</td> <td>603</td> <td>8</td> <td>600</td> <td>1</td>	GJ-1 0110	0.06035	0.00152	0.81155	0.01439	0.09761	0.00126	616	18	603	8	600	1
GJ-1 0202 0.00035 0.00041 0.82266 0.01237 0.09894 0.00122 616 15 610 7 608 7 GJ-1 0203 0.06045 0.00040 0.82465 0.01281 0.09907 0.00116 620 16 611 7 609 7 GJ-1 0204 0.06045 0.00039 0.82609 0.01241 0.09916 0.00103 620 16 611 7 609 6 GJ-1 0205 0.06055 0.00036 0.82697 0.01130 0.09913 0.00106 623 14 612 6 609 6 GJ-1 0206 0.06042 0.00039 0.81950 0.01294 0.09843 0.00107 621 12 610 6 608 6 GJ-1 0207 0.06048 0.00037 0.82417 0.01056 0.09890 0.00107 621 12 610 6 608 6 GJ-1 0208 0.6047 0.00038 0.82296 0.01140 0.09880 0.00123 621 13 610 6 607 7 GJ-1 0209 0.60955 0.00050 0.82918 0.01207 0.09879 0.00107 638 15 613 7 607 6 GJ-1 0210 0.06012 0.00040 0.82008 0.01004 0.09895 0.00102 608 12 608 6 608 6 Plesovice 0101 0.05310 0.00041 0.38852 0.00473 0.05315	GJ-1 0201	0.06039	0.00044	0.81458	0.01299	0.09790	0.00101	618	18	605	7	602	6
GJ-1 0203 0.06045 0.00040 0.82465 0.01281 0.09907 0.00116 620 16 611 7 609 7 GJ-1 0204 0.06045 0.00039 0.82609 0.01241 0.09916 0.00103 620 16 611 7 609 6 GJ-1 0205 0.06055 0.00036 0.82697 0.01130 0.09913 0.00106 623 14 612 6 609 6 GJ-1 0206 0.06042 0.00039 0.81950 0.01294 0.09843 0.00104 619 17 608 7 605 6 GJ-1 0207 0.06048 0.00037 0.82417 0.01056 0.09890 0.00107 621 12 610 6 608 6 GJ-1 0208 0.06047 0.00038 0.82296 0.01140 0.09880 0.00123 621 13 610 6 607 7 GJ-1 0209 0.06095 0.00050 0.82918 0.01207 0.09879 0.00107 638 15 613 7 607 6 GJ-1 0210 0.06012 0.00040 0.82008 0.01004 0.09895 0.00102 608 12 608 6 608 6 Plesovice 0101 0.05310 0.00041 0.38852 0.00473 0.05315 0.00058 331 12 333 3 334 4 Plesovice 0103 0.05340 0.00042 0.39812 0.00643 $0.$	GJ-1 0202	0.06035	0.00041	0.82266	0.01237	0.09894	0.00122	616	15	610	7	608	7
GJ-1 0204 0.06045 0.00039 0.82609 0.01241 0.09916 0.00103 620 16 611 7 609 6 GJ-1 0205 0.06055 0.00036 0.82697 0.01130 0.09913 0.00106 623 14 612 6 609 6 GJ-1 0206 0.06042 0.00039 0.81950 0.01294 0.09843 0.00104 619 17 608 7 605 6 GJ-1 0207 0.06048 0.00037 0.82417 0.01056 0.09890 0.00107 621 12 610 6 608 6 GJ-1 0208 0.06047 0.00038 0.82296 0.01140 0.09880 0.00123 621 13 610 6 607 7 GJ-1 0209 0.06095 0.00050 0.82918 0.01207 0.09879 0.00107 638 15 613 7 607 6 GJ-1 0210 0.06012 0.00040 0.82008 0.01004 0.09895 0.00102 608 12 608 6 608 6 <td>GJ-1 0203</td> <td>0.06045</td> <td>0.00040</td> <td>0.82465</td> <td>0.01281</td> <td>0.09907</td> <td>0.00116</td> <td>620</td> <td>16</td> <td>611</td> <td>7</td> <td>609</td> <td>1</td>	GJ-1 0203	0.06045	0.00040	0.82465	0.01281	0.09907	0.00116	620	16	611	7	609	1
GJ-1 0205 0.06055 0.00036 0.82697 0.01130 0.09913 0.00106 623 14 612 6 609 6 GJ-1 0206 0.06042 0.00039 0.81950 0.01294 0.09843 0.00104 619 17 608 7 605 6 GJ-1 0207 0.06048 0.00037 0.82417 0.01056 0.09890 0.00107 621 12 610 6 608 6 GJ-1 0208 0.06047 0.00038 0.82296 0.01140 0.09880 0.00123 621 13 610 6 607 7 GJ-1 0209 0.06095 0.00050 0.82918 0.01207 0.09879 0.00107 638 15 613 7 607 6 GJ-1 0210 0.06012 0.00040 0.82008 0.01004 0.09895 0.00102 608 12 608 6 608 6 Plesovice 0101 0.05310 0.00040 0.39230 0.00448 0.05360 0.00052 333 12 336 3 337 3	GJ-1 0204	0.06045	0.00039	0.82609	0.01241	0.09916	0.00103	620	10	611		609	6
GJ-1 0200 0.00042 0.00039 0.31930 0.01294 0.09843 0.00104 019 17 008 7 005 6 GJ-1 0207 0.06048 0.00037 0.82417 0.01056 0.09890 0.00107 621 12 610 6 608 6 GJ-1 0208 0.06047 0.00038 0.82296 0.01140 0.09880 0.00123 621 13 610 6 607 7 GJ-1 0209 0.06095 0.00050 0.82918 0.01207 0.09879 0.00107 638 15 613 7 607 6 GJ-1 0210 0.06012 0.00040 0.82008 0.01004 0.09895 0.00102 608 12 608 6 608 6 Plesovice 0101 0.05310 0.00040 0.39230 0.00448 0.05360 0.00052 333 12 336 3 337 3 Plesovice 0102 0.05304 0.00041 0.38852 0.00473 0.05315 0.00058 331 12 340 3 339 3 <td>GJ-1 0205</td> <td>0.06035</td> <td>0.00036</td> <td>0.8269/</td> <td>0.01130</td> <td>0.09913</td> <td>0.00106</td> <td>023 610</td> <td>14</td> <td>012</td> <td>07</td> <td>605</td> <td>0 4</td>	GJ-1 0205	0.06035	0.00036	0.8269/	0.01130	0.09913	0.00106	023 610	14	012	07	605	0 4
GJ-1 0207 0.00048 0.00037 0.02417 0.01050 0.09890 0.00107 621 12 610 6 608 6 GJ-1 0208 0.06047 0.00038 0.82296 0.01140 0.09880 0.00123 621 13 610 6 607 7 GJ-1 0209 0.06095 0.00050 0.82918 0.01207 0.09879 0.00107 638 15 613 7 607 6 GJ-1 0210 0.06012 0.00040 0.82018 0.01004 0.09895 0.00102 608 12 608 6 608 6 Plesovice 0101 0.05310 0.00040 0.39230 0.00448 0.05360 0.00052 333 12 336 3 337 3 Plesovice 0102 0.05304 0.00041 0.38852 0.00473 0.05315 0.00058 331 12 330 3 344 4 Plesovice 0103 0.05340 0.00042 0.39812 0.0063 0.05406 0.00049 346 12 340 3 339	GJ-1 0200	0.06042	0.00039	0.01930	0.01294	0.09843	0.00104	621	17	610	l c	600	0 2
GJ-1 0206 0.00047 0.00036 0.02290 0.01140 0.09800 0.00125 021 15 610 6 607 7 GJ-1 0209 0.06095 0.00050 0.82918 0.01207 0.09879 0.00107 638 15 613 7 607 6 GJ-1 0210 0.06012 0.00040 0.82008 0.01004 0.09895 0.00102 608 12 608 6 608 6 Plesovice 0101 0.05310 0.00040 0.39230 0.00448 0.05360 0.00052 333 12 336 3 337 3 Plesovice 0102 0.05304 0.00041 0.38852 0.00473 0.05315 0.00058 331 12 333 3 334 4 Plesovice 0103 0.05340 0.00042 0.39812 0.0063 0.05406 0.00049 346 12 340 3 339 3	GJ-1 0207	0.06047	0.00037	0.8241/	0.01036	0.09890	0.00107	021 621	12	010	0	607	07
GJ-1 0205 0.00050 0.00050 0.02516 0.01207 0.05879 0.00107 058 15 015 7 007 6 GJ-1 0210 0.06012 0.00040 0.82008 0.01004 0.09895 0.00102 608 12 608 6 608 6 Plesovice 0101 0.05310 0.00040 0.39230 0.00448 0.05360 0.00052 333 12 336 3 337 3 Plesovice 0102 0.05304 0.00041 0.38852 0.00473 0.05315 0.00058 331 12 333 3 334 4 Plesovice 0103 0.05340 0.00042 0.39812 0.0063 0.05406 0.00049 346 12 340 3 339 3	GJ-1 0208	0.0004/	0.00058	0.02290	0.01140	0.09880	0.00123	620	15	612	07	607	1
Open V210 0.00012 0.00040 0.2006 0.0104 0.05855 0.00102 000 12 008 0 008 0 Plesovice 0101 0.05310 0.00040 0.39230 0.00448 0.05360 0.00052 333 12 336 3 337 3 Plesovice 0102 0.05304 0.00041 0.38852 0.00473 0.05315 0.00058 331 12 333 3 334 4 Plesovice 0103 0.05340 0.00042 0.39812 0.0063 0.05406 0.00049 346 12 340 3 339 3	GJ-1 0209 GL 1 0210	0.00093	0.00050	0.02918	0.01207	0.098/9	0.00107	608	10	610	1	609	6
Plesovice 0102 0.05304 0.00040 0.39230 0.00448 0.05300 0.00052 555 12 550 5 557 5 Plesovice 0102 0.05304 0.00041 0.38852 0.00473 0.05315 0.00058 331 12 333 3 334 4 Plesovice 0103 0.05340 0.00042 0.39812 0.0063 0.05406 0.00049 346 12 340 3 339 3	G_{J} -1 0210 Plesovice 0101	0.00012	0.00040	0.02008	0.01004	0.09093	0.00102	222	12	226	2	227	2
Plesovice 0103 0.05340 0.00042 0.39812 0.00 6 3 0.05406 0.00049 346 12 340 3 339 3	Plesovice 0101	0.05310	0.00040	0.39230	0.00448	0.05300	0.00032	333	12	330	<i>े</i> २	334	
	Plesovice 0102	0.05340	0.00041	0.39812	0.0043	0.05406	0.00049	346	12	340	3	339	3

续表 3-1 Continued Table 3-1

	同位素比值			U-Pb 年龄/ Ma								
分析亏	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ
Plesovice 0104	0.05313	0.00048	0.38917	0.00501	0.05312	0.00054	4 334	13	334	4	334	3
Plesovice 0105	0.05375	0.00043	0.39264	0.00549	0.05300	0.00070) 361	14	336	4	333	4
Plesovice 0106	0.05390	0.00042	0.39839	0.00413	0.05363	0.00051	367	10	340	3	337	3
Plesovice 0107	0.05393	0.00052	0.40997	0.00581	0.05513	0.00066	5 368	14	349	4	346	4
Plesovice 0201	0.05341	0.00046	0.40095	0.00501	0.05445	0.00060) 346	13	342	4	342	4
Plesovice 0202	0.05462	0.00044	0.40041	0.00464	0.05318	0.00056	5 397	12	342	3	334	3
Plesovice 0203	0.05318	0.00041	0.39133	0.00479	0.05335	0.00057	336	12	335	3	335	4
Plesovice 0204	0.05231	0.00041	0.38777	0.00514	0.05378	0.00066	5 299	14	333	4	338	4
Plesovice 0205	0.05331	0.00043	0.39358	0.00410	0.05359	0.00053	3 342	11	337	3	337	3
Plesovice 0206	0.05236	0.00040	0.38105	0.00439	0.05276	0.00052	2 301	12	328	3	331	3
Plesovice 0207	0.05266	0.00039	0.38417	0.00417	0.05292	0.00054	4 314	11	330	3	332	3
Plesovice 0208	0.05359	0.00041	0.38979	0.00455	0.05272	0.00052	2 354	12	334	3	331	3
Plesovice 0209	0.05247	0.00039	0.38632	0.00389	0.05339	0.00048	306	10	332	3	335	3
Plesovice 0210	0.05229	0.00039	0.38622	0.00414	0.05355	0.00050) 298	11	332	3	336	3
Plesovice 0301	0.05386	0.00048	0.40185	0.00438	0.05411	0.00048	365	11	343	3	340	3
Plesovice 0302	0.05326	0.00041	0.39545	0.00444	0.05384	0.00052	2 340	11	338	3	338	3
Plesovice 0303	0.05276	0.00036	0.39060	0.00490	0.05367	0.00063	3 319	13	335	4	337	4
Plesovice 0304	0.05311	0.00036	0.39241	0.00397	0.05359	0.00052	2 334	10	336	3	336	3
Plesovice 0305	0.05256	0.00036	0.39036	0.00401	0.05384	0.00048	3 310	10	335	3	338	3
Plesovice 0306	0.05315	0.00037	0.39506	0.00412	0.05391	0.00052	2 335	11	338	3	338	3
Plesovice 0307	0.05393	0.00035	0.39771	0.00560	0.05348	0.00073	3 368	14	340	4	336	4
Plesovice 0308	0.05342	0.00033	0.39713	0.00476	0.05390	0.00060) 347	12	340	3	338	4
Plesovice 0309	0.05339	0.00034	0.39615	0.00476	0.05381	0.00063	3 346	12	339	3	338	4
Plesovice 0310	0.05360	0.00034	0.39681	0.00515	0.05367	0.00064	4 354	13	339	4	337	4
Plesovice 0401	0.05432	0.00032	0.40151	0.00589	0.05359	0.00075	5 384	15	343	4	337	5
Plesovice 0402	0.05384	0.00032	0.40302	0.00454	0.05429	0.00060) 364	11	344	3	341	4
Plesovice 0403	0.05360	0.00032	0.40086	0.00493	0.05425	0.00065	5 354	13	342	4	341	4
Plesovice 0404	0.05407	0.00034	0.40217	0.00479	0.05397	0.00064	4 374	12	343	3	339	4
Plesovice 0405	0.05367	0.00032	0.39696	0.00444	0.05366	0.00059	357	11	339	3	337	4
Plesovice 0406	0.05383	0.00035	0.40040	0.00453	0.05397	0.00059	9 364	12	342	3	339	4
Plesovice 0407	0.05381	0.00031	0.39805	0.00467	0.05366	0.00061	363	12	340	3	337	4
Plesovice 0408	0.05380	0.00033	0.39974	0.00525	0.05392	0.00070) 363	13	341	4	339	4
Plesovice 0409	0.05377	0.00034	0.40131	0.00524	0.05414	0.00066	5 361	13	343	4	340	4
Plesovice 0411	0.05235	0.00111	0.39010	0.00679	0.05405	0.00065	5 301	49	334	5	339	4
Plesovice 0412	0.05431	0.00033	0.40597	0.00565	0.05425	0.00074	4 384	14	346	4	341	5
Plesovice 0413	0.05416	0.00135	0.40165	0.00862	0.05378	0.00069	9 378	57	343	6	338	4
Plesovice 0414	0.05401	0.00031	0.40272	0.00516	0.05410	0.00067	7 371	13	344	4	340	4
Plesovice 0415	0.05413	0.00031	0.40337	0.00451	0.05405	0.00057	7 377	11	344	3	339	4
Plesovice 0416	0.05388	0.00033	0.40219	0.00509	0.05414	0.00065	5 366	13	343	4	340	4
Plesovice 0417	0.05283	0.00107	0.39602	0.00671	0.05437	0.00060) 321	47	339	5	341	4
Plesovice 0418	0.05402	0.00034	0.40294	0.00488	0.05411	0.00064	4 372	12	344	4	340	4
Plesovice 0419	0.05394	0.00033	0.40257	0.00559	0.05415	0.00074	4 369	14	344	4	340	5
Plesovice 0420	0.05373	0.00032	0.40215	0.00585	0.05429	0.00076	5 360	15	343	4	341	5
Plesovice 0501	0.05368	0.00031	0.39908	0.00381	0.05392	0.00049	9 358	10	341	3	339	3
Plesovice 0502	0.05423	0.00032	0.40244	0.00354	0.05383	0.00046	5 380	9	343	3	338	3
Plesovice 0503	0.05355	0.00031	0.39573	0.00362	0.05359	0.00048	3 352	9	339	3	337	3
Plesovice 0504	0.05360	0.00031	0.39789	0.00358	0.05383	0.00046	5 354	9	340	3	338	3
Plesovice 0505	0.05350	0.00030	0.39756	0.00380	0.05389	0.00050) 350	10	340	3	338	3
Plesovice 0506	0.05347	0.00031	0.39576	0.00409	0.05368	0.00054	4 349	11	339	3	337	3
plesovice 0601	0.05455	0.00069	0.40518	0.00843	0.05398	0.00101	1 394	28	345	6	339	6
plesovice 0602	0.05384	0.00048	0.39638	0.00646	0.05347	0.00086	365	20	339	5	336	5
plesovice 0603	0.05415	0.00051	0.40300	0.00757	0.05407	0.00101	376	16	344	5	339	6

续表 3-2

										Co	ontinued Tal	ole 3-2
	同位素比值								U-Pb 年龄	/Ma		
分析亏	²⁰⁷ Pb / ²⁰⁶ Pb	1σ	$^{207}\mathrm{Pb}/^{235}\mathrm{U}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	²⁰⁷ Pb / ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb / ²³⁵ U	1σ	$^{206}\mathrm{Pb}/^{238}\mathrm{U}$	1σ
plesovice 0604	0.05372	0.00045	0.39691	0.00518	0.05361	0.00064	367	25	339	4	337	4
plesovice 0605	0.05405	0.00052	0.39659	0.00645	0.05326	0.00078	372	22	339	5	335	5
plesovice 0606	0.05361	0.00047	0.39816	0.00611	0.05384	0.00072	354	16	340	4	338	4
plesovice 0607	0.05400	0.00063	0.39706	0.00617	0.05353	0.00086	372	28	340	4	336	5
plesovice 0608	0.05477	0.00046	0.40637	0.00580	0.05390	0.00076	467	19	346	4	338	5
plesovice 0609	0.06000	0.00045	0.80707	0.01031	0.09754	0.00109	343	19	337	4	337	5
plesovice 0610	0.06028	0.00048	0.81155	0.00924	0.09/66	0.00094	261	19	345 225	4	340 221	4
plesovice 0611	0.05330	0.00045	0.39421	0.00015	0.05309	0.00081	220	30 22	333 226	0 5	225	5
plesovice 0613	0.05375	0.00044	0.40419	0.00348	0.05411	0.00072	3/3	23 10	341	5	340	5
plesovice 0614	0.05376	0.00071	0.39174	0.00015	0.05337	0.00002	322	22	334	4	337	5
plesovice 0615	0.05334	0.00042 0.00047	0.39854	0.00645	0.05419	0.00091	324	19	336	4	337	4
plesovice 0616	0.05263	0.00048	0.38891	0.00587	0.05367	0.00084	328	22	337	5	338	6
Plesovice 0701	0.05263	0.00039	0.39211	0.00725	0.05401	0.00096	320	19	336	5	339	6
Plesovice 0701	0.05203	0.00033	0.38813	0.00723	0.05383	0.00077	295	15	333	4	338	5
Plesovice 0702	0.05292	0.00032	0.39233	0.00570	0.05370	0.00077	324	8	336	5	337	6
Plesovice 0703	0.05252	0.00032	0.39668	0.00072	0.05358	0.00090	367	15	339	5	336	5
Plesovice 0704	0.05304	0.00035	0.30108	0.00021	0.05360	0.00003	332	15	336	5	337	6
Plesovice 0705	0.05289	0.00033	0.39198	0.00070	0.05356	0.00093	324	17	335	5	336	6
Plesovice 0700	0.05239	0.00039	0.39034	0.00703	0.05350	0.00098	302	17	333	5	330	6
Plesovice 0707	0.05288	0.00030	0.30234	0.00097	0.05382	0.00091	324	17	336	5	338	6
Plesovice 0708	0.05265	0.00038	0.39234	0.00720	0.05364	0.00099	324	17	334	5	330	6
Plesovice 0709	0.05203	0.00029	0.30930	0.00071	0.05382	0.00093	208	10	334	5	337	7
Oinghu 0101	0.03232	0.00032	0.30031	0.00781	0.03582	0.00108	170	17	160	2	150	1
Qinghu 0101	0.04903	0.00039	0.17102 0.17071	0.00103	0.02502	0.00025	165	11	160	2	159	1
Qinghu 0102	0.04937	0.00033	0.1/0/1	0.00192	0.02510	0.00023	105	12	150	2	150	2
Qinghu 0103	0.04920	0.00033	0.10937	0.00203	0.02502	0.00028	15/	15	159		159	2
Qinghu 0104	0.04913	0.00035	0.10925	0.00187	0.02301	0.00020	134	12	159	2	159	2
Qinghu 0103	0.04939	0.00055	0.17021 0.17112	0.00210	0.02492	0.00029	170	13	160	2	159	2
Qinghu 0100	0.04931	0.00041	0.17115	0.00208	0.02310	0.00020	1/2	15	160	2	100	2
Qinghu 0107	0.04993	0.00038	0.17139	0.00202	0.02494	0.00027	195	12	161	2	159	2 1
Qingnu 0108	0.05038	0.00102	0.17404	0.00575	0.02500	0.00019	100	-35	163	3 2	160	1
Qingnu 0109	0.03009	0.00039	0.1/546	0.00160	0.02310	0.00024	162	10	102	1	150	1
Qingnu 0110	0.04932	0.00030	0.10905	0.00101	0.02498	0.00022	105	10	159	1	159	1
Qinghu 0111	0.04921	0.00035	0.16907	0.00167	0.02495	0.00022	2 158	10	159	1	159	1
Qinghu 0112	0.04899	0.00035	0.16928	0.00167	0.02509	0.00022	2 148	10	159	1	160	1
Qinghu 0113	0.04968	0.00033	0.17103	0.00167	0.02500	0.00022	2 180	10	160	1	159	1
Qinghu 0114	0.04901	0.00036	0.1/088	0.00167	0.02532	0.00021	148	10	160	1	161	1
Qinghu 0201	0.04869	0.00030	0.16937	0.00127	0.02522	0.00017	133	8	159	1	161	1
Qinghu 0202	0.04884	0.00031	0.16932	0.00184	0.02515	0.00027	140	12	159	2	160	2
Qinghu 0203	0.04871	0.00029	0.16/12	0.00155	0.02488	0.00023	5 134	10	157	1	158	1
Qinghu 0204	0.04903		0.16907	0.00191	0.02501	0.00028	5 149	12	159	2	159	2
Qinghu 0205	0.04883	0.00029	0.16841	0.001/8	0.02501	0.00026	5 140 107	11	158	2	159	2
Qinghu 0206	0.04857	0.00036	0.16772	0.0016/	0.02505	0.00023	3 127	11	157	1	160	1
Qinghu 0207	0.04862	0.00030	0.16817	0.00170	0.02507	0.00023	5 130	11	158	1	160	1
Qinghu 0208	0.04889	0.00030	0.16990	0.00150	0.0252	0.00022	2 143	9	159	1	160	1
Qinghu 0209	0.04835	0.00037	0.16648	0.00179	0.02498	0.00023	5 116	11	156	2	159	2
Qinghu 0210	0.04879	0.00035	0.16895	0.001/1	0.02513	0.00024	+ 138 7 12	11	159	1	160	2
SK10-2 01	0.04630	0.00047	0.03162	0.00051	0.00496	0.0000	/ 13	17	31.6	0.5	31.9	0.4
SK10-2 02	0.05196	0.00164	0.03552	0.00123	0.00496	0.0000	/ 283	52	35.0	1.0	31.9	0.5
SK10-2 03	0.04675	0.00060	0.03221	0.00051	0.00500	0.00006	5 36	18	32.2	0.5	32.2	0.4
SK10-2 04	0.04767	0.00051	0.03248	0.00047	0.00495	0.00006	5 83 C 20	15	32.5	0.5	31.8	0.4
SK10-2 05	0.04680	0.00056	0.03163	0.00051	0.00491	0.0000	5 39 - 0:	18	31.6	0.5	31.6	0.4
SK10-2 06	0.04768	0.00143	0.03237	0.00111	0.00492	0.0000	/ 84	53	32.0	1.0	31.7	0.4
SK10-2 07	0.04635	0.00087	0.03134	0.00082	0.00490	0.0000	/ 16	33	31.3	0.8	31.5	0.4
SK10-2-08	0.04689	0.00083	0.03170	0.00072	0.00491	0.0000	8 44	27	31.7	0.7	31.6	0.5
SK10-2 09	0.04659	0.00071	0.03181	0.00056	U.W496	0.00006	28	22	31.8	0.5	51.9	0.4

	续表	3-3
Continued	Table	3-3

									international inde		1		
分析号	同位素比值						 U-Pb 年龄/ Ma						
	²⁰⁷ Pb / ²⁰⁶ Pb	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	
SK10-2 10	0.04644	0.00055	0.03118	0.00051	0.00488	0.0000	6 21	18	31.2	0.5	31.4	0.4	
SK10-2 11	0.04653	0.00036	0.03147	0.00038	0.00491	0.0000	6 25	13	31.5	0.4	31.6	0.4	
SK10-2 12	0.04660	0.00060	0.03201	0.00067	0.00498	0.0000	8 29	24	32.0	0.7	32.1	0.5	
SK10-2 13	0.04728	0.00101	0.03330	0.00075	0.00512	0.0000	6 64	31	33.3	0.7	32.9	0.4	
SK10-2 14	0.04686	0.00119	0.03218	0.00093	0.00498	0.0000	5 42	46	32.2	0.9	32.0	0.3	
SK10-2 15	0.04699	0.00096	0.03214	0.00077	0.00496	0.0000	6 49	35	32.1	0.8	31.9	0.4	
SK10-2 16	0.04638	0.00049	0.03171	0.00048	0.00496	0.0000	5 17	17	31.7	0.5	31.9	0.3	
SK10-2 17	0.04649	0.00084	0.03154	0.00070	0.00492	0.0000	5 23	30	31.5	0.7	31.7	0.4	
SK10-2 18	0.04670	0.00040	0.03181	0.00036	0.00495	0.0000	5 34	12	31.8	0.4	31.8	0.3	
SK10-2 19	0.04578	0.00038	0.03101	0.00038	0.00492	0.0000	5 -14	12	31.0	0.4	31.6	0.3	

(3) Plesovice 锆石。该锆石为挪威卑尔根大学地 球科学系实验室 U-Pb 测定标准(Sláma et al. 2008)。 锆石是产自捷克波希米亚山丘南部的富钾麻粒岩, 成等轴或长柱状,颜色为浅粉色至褐色的自形晶体, 粒径在 1~6 mm,阴极发光显示具有明显的环带。 Sláma 等人(2008)报道的该锆石的年龄基本谐和, TIMS 测定²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄(337.13±0.37)Má(2 σ), 三个不同实验室的 LA-ICP-MS 测定²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄 分别为(338.5±1.6)Ma(2 σ , n = 61) (335.4± 1.0) Ma(2 σ , n = 48) (337.8±1.0) (2 σ , n = 42), SIMS(Cameca IMS 1 270)测定²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄为 (341.4±1.3) Má(2 σ , n = 61)。

本文利用 LA-MC-ICP-MS 在 25 μ m 剥蚀直径, 10 Hz 剥蚀频率条件下,以 GJ1 为外标,在 5 个测试 流程的 52 个 U-Pb 数据点基本位于谐和线上,其 ²⁰⁶Pb/²³⁸U年龄为(337.4±1.0) Ma(2 σ , n=68) 图 3 表 3 : Plesovice 0101-0506),在 12 μ m 剥蚀直径, 10 Hz 剥蚀频率条件下,以 GJ1 为外标,在 2 个测试 流程的 26 个 U-Pb 数据点也基本位于谐和线上,其 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄为(337.2±2.0) Ma(2 σ , n = 16) 图 3 表 3 : Plesovice 0601-0710),所有测试点的²⁰⁶ Pb/ ²³⁸U加权平均年龄为(337.3±0.9) Ma(2 σ , n = 78), 与前人报道的结果在误差范围内完全一致。

(4)Qinghu 锆石。该锆石产于广东与广西交界 地清湖碱性杂岩体中,锆石多为无色透明状,阴极发 光图像显示其具有明显的韵律环带。该锆石是中国 科学院地质与地球物理研究所离子探针实验室的内 部标准。其 U-Pb 年龄首先由 SIMS(Cameca IMS 1280)测得,²⁰⁶Pb/²³⁸U,²⁰⁷Pb/²³⁵U,²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 年龄 分别为(159.56±0.71)Ma(2σ ,n = 30)、(159.45± 0.98)Ma(2σ ,n = 30)和(158.9±8.7)Ma(2σ ,n = 30),与 TIMS 方法获得年龄极为一致,其²⁰⁶ Pb/ ²³⁸U、²⁰⁷ Pb/²³⁵ U 年龄分别为(159.38±0.12)Ma (2σ, n = 30)(159.68±0.22)Ma(2σ, n = 30),显示 其年龄谐和(Li et al. 2009)。

本研究采用 LA-MC-ICP-MS 法,在 25 μm 剥蚀 直径,10 Hz 剥蚀频率条件下,以 TEM 为外标,在 2 个测试流程对其进行了 24 个 U-Pb 数据点的测试, 所有测试点基本位于谐和线上,其²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄为 (159.7±0.5)Ma(2σ, *n* = 24)图 3 表 3),与前人报 道的结果在误差范围内完全一致。

(5)SK10-2 锆石。该锆石是西北大学大陆动力 学国家重点实验室和中国科学院地质与地球物理研 究所 MC-ICP-MS 实验室 U-Pb 定年的内部标准。 该锆石采自辽东半岛南部早白垩世饮马湾山花岗岩 体中晚期侵入的辉长岩。锆石多为无色透明状,阴 极发光图像显示其具有典型的岩浆韵律环带。其 U-Pb 年龄首先由激光 ICP-MS 方法测定,获得的 206 Pb/ 238 U 加权平均年龄为(31.9±0.4)Ma(2σ ,n = 10 袁洪林等,2003;Yuan et al,2004)和(31.4± 0.3)Ma(2σ ,n = 10,柳小明等,2007),谢烈文等 (2008)得到的 206 Pb/ 238 U 加权平均年龄为(32.6± 0.5)Ma(2σ ,n = 20)。

本研究在 40 μm 剥蚀直径 ,10 Hz 剥蚀频率条件 下,以 GJ1 为外标,利用 LA-MC-ICP-MS 在 1 个测 试流程的 20 个 U-Pb 数据点基本位于谐和线上,其 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄为(31.8±0.2)Ma(2σ, n = 19) 图 3 表 3),与前人报道的结果在误差范围内完全一致。 2.2 锆石样品测试结果

(1)ABG 178 锆石。锆石样品取自新疆阿巴宫 2[#]矿体围岩变质流纹岩中(柴凤梅等,2008)。用于 定年的锆石颗粒多呈浅褐黄色,半透明-透明,多呈 自形的短柱状及双锥状晶体,晶棱及晶面清楚,粒度 较小,长轴多变化于 $100 \sim 200 \ \mu m$ 之间,长短轴比一 般为 $1.5:1 \sim 2:1$ 左右。阴极发光显微照片显示,大 部分锆石具有岩浆锆石的平直对称生长环带和扇状 环带特征,个别锆石含有不透明的包裹体。也有个 别锆石颗粒见有核边结构,核部呈浑圆状,边部颜色 均匀,震荡环带发育,且核部与边部接触界线规则。 18 个锆石 SHRIMP 点的年龄在 $316.7 \sim 488.0$ Ma 之间,除去捕获锆石和放射性成因 Pb 含量丢失而导 致年龄偏小外的 10 个数据点给出的²⁰⁶Pb/²³⁸U 加权 平均年龄为(412.6 ± 3.5)Ma(2σ , n = 10,MSWD= 1.4)图 4A 。

笔者用 LA-MC-ICP-MS 方法,在 25 μm 剥蚀直径,10 Hz 剥蚀频率条件下,对韵律环带发育的锆石进行了 12 个点的测试,得出的²⁰⁶Pb/²³⁸U 加权平均年龄为(410.6±2.2)Ma(2σ, n = 12,MSWD = 0.33)图 4b),与前人报道的 SHRIMP U-Pb 年龄在误差范围内完全一致。

(2) CYB0807055 锆石。锆石样品取自个旧西区
 龙岔河斑状黑云母花岗岩。总体而言颗粒较大,粒径 100~350 μm,多呈长柱状,自形程度交好,大部分

锆石颗粒以灰白色、淡棕色为主。阴极发光(CL)图 像显示 大部分锆石具有明显的密集振荡环带。运用 SHRIMP方法对龙岔河斑状花岗岩样品中的锆石进 行了 15 个颗粒的 15 个点测定,分析结果在谐和图上 呈密集分布(图 5A),锆石²⁰⁶Pb/²³⁸U的加权平均年龄 为(83.2±1.4)M{ 2σ , n = 14 程彦博等 2009)。

本研究用 LA-MC-ICP-MS 方法,在 25 μ m 剥蚀 直径,10 Hz 剥蚀频率条件下,对该锆石样品的 16 颗 锆石进行了测试,得出的²⁰⁶Pb/²³⁸U 加权平均年龄为 (83.07 ± 0.44)Ma(2σ , n = 16)(图 5b),与 SHRIMP U-Pb 年龄在误差范围内完全一致。

在样品的测试过程中,部分数据点水平偏离谐和线,这种数据点的分布形式可能与²⁰⁷Pb 信号太低,难以测准有关(Yuan et al.,2008),在这种情况下,²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄只能够精确的反映年轻锆石的成岩年龄。

3 结 论



利用LA-MC-ICP-MS法进行锆石U-Pb年龄测

图 4 锆石样品 ABG 178 定年结果比较 A. SHRIMP 结果 ; B. LA-MC-ICP-MS 结果

Fig. 4 U-Pb age and concordia diagrames for sample ABG 178 obtained by SHRIMP(A) and LA-MC-ICP-MS(B)







Fig. 4 U-Pb age and concordia diagrams for sample CYB0807055 obtained by SHRIMF(A) and LA-MC-ICP-MS(B) 8C°

定 实现了被测信号的同时静态接收 缩短了激光剥 蚀时间(约 20 s),提高了空间分辨率(剥蚀直径约 25 μm, 剥蚀深度约为10 μm),减小了由剥蚀深度增加 而引起的质量分馏 ;不同质量数的峰基本上都是平 坦的,有利于获得高精度的数据,提高了分析精度, ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb、²⁰⁶Pb/²³⁸U、²⁰⁷Pb/²³⁵U比值的测试精度 (2σ) 均为2% 左右。对5个30~1065 Ma 系列标样 进行的 19~53 个点的系统测定结果表明,其²⁰⁶Pb/ ²³⁸U误差在 0.5~6 Ma(相对误差在 1% 左右)之间。 对 5 个锆石标准和 2 个锆石样品的分析表明,LA-MC-ICP-MS 方法与前人报道的利用其他方法所获 分析结果在误差范围内完全一致,分析精度达到国 际同类实验室先进水平。

志 感谢 Jiri Sláma 博士、李献华研究员、 谢 柳小明教授、Lutz Nasdala 教授提供的 Plesovice、 Qinghu、SK10-2、M127 锆石标准,感谢刘勇胜教授 在 ICPMSDataCal 数据处理程序使用中提供的帮助, 感谢两位评审专家的辛勤工作和对本文提出的宝贵 修改意见。

References

- Amelin Y V and Zaitsev A N. 2002. Precise geochronology of phoscorites and carbonatites : The critical role of U-series disequilibrium in age interpretations[J]. Geochim. Cosmochim. Acta, 66: 2399-2419.
- Chen F, Siebel W and Satir M. 2002. Zircon U-Pb and Pb-isotope fractionation during stepwise HF acid leaching and geochronological implica-tions[J]. Chemical Geology, 191:155-164.
- Cheng Y B ,Mao J W ,Xie G Q ,Chen M H and Yang Z X. 2009. Zircon U-Pb dating of the granites in Gejiu superlarge tin polymetallic orefield and its significance J]. Mineral Deposits , 28(3):297-312(in Chinese with English abstract).
- Cocherie A and Robert M. 2008. Laser ablation coupled with ICP-MS applied to U-Pb ircon geochronology : A review of recent advances [J]. Gondwana Research , 14:597-608.
- Elhlou S, Belousova E, Griffin W L, Pearson N J and O 'Reilly S Y. 2006. Trace element and isotopic composition of GJ-red zircon standard by laser ablation[J]. Geochim. Cosmochim. Acta, 70(Suppl): A158.
- Hou K J , Li Y H , Zou T R , Qu X M , Shi Y R and Xie G Q. 2007. Laser ablation-MC-ICP-MS technique for Hf isotope microanalysis of zircon and its geological applications J]. Acta Petrologica Sinica ,

23(10):2595-2604 (in Chinese with English abstract).

- Hou K J , Li Y H , Tian Y R , Qin Y and Xie G Q. 2008. High precision Cu , Zn isotope measurements by multi-collector ICP-MS J]. Mineral Deposits , 27 6): 774-781 (in Chinese with English abstract).
- Jackson S E , Pearson N J , Griffin W L and Belousova E A. 2004. The application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry (LA-ICP-MS) to in situ U-Pb zircon geochronology[J]. Chemical Geology , 211:47-69.
- Johnston S, Gehrels G, Valencia V and Ruiz J. 2009. Small-volume U-Pb zircon geochronology by laser ablation-multicollector-ICP-MS [J]. Chemical Geology, 259:218-229.
- Li X H, Liu Y, Li Q L, Guo C H and Chamberlain K R. 2009. Precise determination of phanerozoic zircon Pb/Pb age by multicollector SIMS without external standardization[J]. Geochem. Geophys. Geosyst., 10, Q04010, doi:10.1029/2009GC002400.
- Liu X M, Gao S, Diwu C R, Yuan H L and Hu Z C. 2007. Simultaneous in-situ determination of U-Pb age and trace elements in zircon by LA-ICP-MS in 20 μm spot size[J]. Chinese Science Bulletin, 52 (7):942-948.
- Liu Y S , Hu Z C , Gao S , Gunther D , Xu J , Gao C and Chen H. 2008. In situ analysis of major and trace elements of anhydrous minerals by LA-ICP-MS without applying an internal standard[J]. Chemical Geology , 257 : 34-43.
- Lopez R , Cameron K L and Jones N W. 2001. Evidence for Paleoproterozoic , Grenvillian and Pan-African age Gondwana crust beneath north-eastern Mexic(J]. Precambrian Res. , 107:195-214.
- Ludwig K R. 2003. User 's Manual for Isoplot 3.0 : A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel M]. Berkeley Geochronology Center. Special publication, vol. 4 :1-71.
- Nasdala L , Hofmeister W , Norberg N , Mattinson J M , Corfu F , Dor W , Kamo S L , Kennedy A K , Kronz A , Reiners P W , Frei D , Kosler J , Wan Y , Götze J , Häger T , Kröner A and Valley J. 2008. Zircon M257 - a homogeneous natural reference material for the ion microprobe U-Pb analysis of zircon[J]. Geostandards and Geoanalytical Research , 32:247-265.
- Nebel-Jacobsen Y , Scherer E E , Munker C and Mezger K. 2005. Separation of U , Pb , Lu , and Hf from single zircons for combined U-Pb dating and Hf isotope measurements by TIMS and MC-ICPMS J 1. Chemical Geology , 220 : 105-120.
- Paquette J L and Pin C. 2001. A new minimaturized extraction chromatography method for precise U-Pb zircon geochronology[J]. Chemical Geology , 176 : 311-319.
- Simonetti A, Heaman L M, Chacko T and Banerjee N R. 2006. In situ petrographic thin section U-Pb dating of zircon, monazite, and titanite using laser ablation-MC-ICP-MS J]. International Journal of Mass Spectrometry, 253 87-97.
- Sláma J , Kosler J , Condon D J , Crowley J L , Gerdes A , Hanchar J M , Horstwood M S A , Morris G A , Nasdala L , Norberg N , Schaltegger U , Schoene B , Tubrett M N and Whitehouse M J. 2008. Plesovice zircon - A new natural reference material for U-Pb and Hf isotopic microanalysis[J]. Chemical Geology , 249 :1-35.

- Song B , Zhang Y H , Wan Y S and Jian P. 2002. Mount making and procedure of the SHRIMP dating[J]. Geological Review , 48 (Supp.):26-30(in Chinese with English abstract).
- Wiedenbeck M, Alle P, Corfu F, Griffin W L, Meier M, Oberli F, von Quadt A, Roddick J C and Spiegel W. 1995. Three natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, trace element, and REE analyses [J]. Geostand Newsl, 19:1-23.
- Wiedenbeck M, Hanchar J M, Peck W H, Sylvester P, Valley J, Whitehouse M, Kronz A, Morishita Y and Nasdala L. 2004. Further characterisation of the 91500 zircon crystal J. Geostandards and Geoanalytical Research, 28:9-39.
- Xie L W , Zhang Y B , Zhang H H , Sun J F and Wu F Y. 2008. In situ simultaneous determination of trace elements , U-Pb and Lu-Hf isotopes in zircon and baddeleyite[J]. Chinese Science Bulletin , 53 (10):1565-1573.
- Yuan H L , Gao S , Dai M N , Zong C L , Günther D , Fontaine G H , Liu X M and Diwu C R. 2008. Simultaneous determinations of U-Pb age , Hf isotopes and trace element compositions of zircon by excimer laser ablation quadrupole and multiple collector ICP-MS J]. Chemical Geology , 247 : 100-118.
- Yuan H L, Gao S, Liu X M, Li H M, Gunther D and Wu F Y. 2004. Precise U-Pb age and trace element determinations of zircon by laser ablation - inductively coupled plasma mass spectrometry[J]. Geostand Geoanal Res., 28:353-370.
- Yuan H L , Wu F Y , Gao S , Liu X M , Xu P and Sun D Y. 2003. Determination of U-Pb age and rare earth element concentrations of zircons from Cenozoic intrusions in northeastern China by laser ablation ICP-MS J J. Chinese Science Bulletin , 48 (22):2411-2421.

附中文参考文献

- 程彦博 , 毛景文, 谢桂青, 陈懋弘, 杨宗喜. 2009. 与云南个旧超大型 锡矿床有关的花岗岩锆石 U-Pb 定年及意义[J]. 矿床地质, 28 (3): 297-312.
- 侯可军,李延河,邹天人,曲晓明,石玉若,谢桂青.2007. LA-MC-ICP-MS 锆石 Hf 同位素的分析方法及地质应用[J]. 岩石学报, 23(10):2595-2604.
- 侯可军 ,李延河 ,田有荣 ,秦 燕 ,谢桂青. 2008. MC-ICP-MS 高精度 Cu, Zn 同位素测试技术 J]. 矿床地质 ,27(6):774-781.
- 柳小明,高山,第五春容,袁洪林,胡兆初.2007.单颗粒锆石的 20 μm 小斑束原位微区 LA-ICP-MS U-Pb 年龄和微量元素的同 时测定 J].科学通报,52(2):228-235.
- 宋 彪 张玉海 万俞生 简 平. 2002. 锆石 SHRIMP 样品靶制作、 年龄测定及有关现象讨论[J]. 地质论评 2002 5(增刊):26-30.
- 谢烈文,张艳斌,张辉煌,孙金凤,吴福元.2008. 锆石/斜锆石 U-Pb 和 Lu-Hf 同位素以及微量元素成分的同时原位测定[J] 科学通 报 53(2):220-228.
- 袁洪林,吴福元,高山,柳小明,徐平,孙德有.2003.中国东部 新生代侵入体的锆石激光探针年龄测定与稀土元素成分分析: 对渐新世幔源岩浆底侵作用和地壳抬升的指示[J].科学通报, 4&(14):1511-1520.