

西藏 4.1 Ga 碎屑锆石年龄的发现

多吉 温春齐 郭建慈 范小平 李小文

(西藏自治区地质矿产勘查开发局, 拉萨 850000; 成都理工大学, 成都 610059. E-mail: duoj@cae.cn)

摘要 在西藏普兰县石英片岩中, 利用SHRIMP U-Pb法测年发现 4.1 Ga碎屑锆石, 该年龄为目前中国最老单颗粒碎屑锆石年龄, >4.0 Ga两测点仅为一颗锆石中测得, 其Th/U值介于 0.76~0.86 之间, 属岩浆锆石. 24 颗锆石的 35 个测点的年龄值可分为六个年龄段, 认为研究区可能至少存在六期古岩浆活动. 这一发现, 为研究青藏高原的地质演化提供了重要的年龄数据.

关键词 SHRIMP 碎屑锆石 4.1 Ga 西藏

最近, 在西藏西部普兰县的石英片岩中发现目前中国最古老年龄碎屑锆石. 这一发现为研究青藏高原及其邻近地区地质演化提供了新的资料, 具有重大地质意义.

1 取样位置与样品描述

研究区所在大地构造位置属于雅鲁藏布江缝合带南、北亚带所挟持的仲巴微陆块. 样品采集地点位于仲巴微陆块霍尔-霍尔巴之间(图 1), 主要出露地层为齐吾贡巴群(Z ~ E)绿片岩相含钙质砂-泥质片岩夹千枚岩, 另可见一处出露面积约 48 km² 的时代不明的石英片岩及始新世英安玢岩和中新世花岗斑岩. 样品采集对象为石英片岩. 原 1 : 100 万噶大克幅区域地质调查(1987)曾将上述英安玢岩、花岗斑岩以及石英岩作为一个地质体标注为喜山期花岗岩. 近年来通过项目组野外调查和室内研究, 发现该“花岗岩”由花岗斑岩、英安玢岩和石英片岩组成^[2], 该石英片岩于 2003 年西藏地勘局地热地质大队矿区填图时,

曾被作为古陆(有限史密斯地层)或板块基底岩石(非史密斯地层)置于齐吾贡巴群(Z ~ E)底部. 该石英片岩地层为沉积岩变质而成的副变质岩, 与上覆齐吾贡巴群(Z ~ E)片岩呈不整合接触关系, 接触界线呈港湾状, 反映出不同的沉积环境. 石英片岩宏观上为灰白色细粒粒状鳞片变晶结构, 似片状构造, 沿劈理面有弱丝绸光泽. 岩石组分主要由石英(90%~ 95%左右)、次为(绢)云母(5%)组成, 含少量细粒磁铁矿, 有些地方见少许电气石、黑云母和楣石.

2 分析方法与结果

锆石是将石英片岩岩石粉碎后按常规的重液和磁选方法分选, 最后在双目显微镜下挑纯. 将挑纯的锆石和若干锆石标样Temora^[3](年龄为 417 Ma) 在玻璃板上用环氧树脂固定、抛光, 然后进行反射光和透射光照相, 并用阴极发光(CL)扫描电子显微镜进行图像分析(图 2)以检查锆石内部结构. 锆石SHRIMP U-Pb分析是在中国地质科学院地质研究所SHRIMP

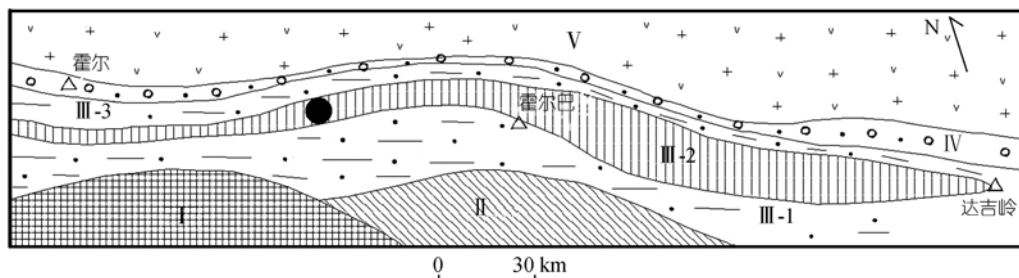


图 1 石英片岩采样位置图(据文献[1]简化)

, 高喜马拉雅基底结晶岩系; , 拉轨岗日隆起带; , 雅鲁藏布江缝合带: -1, 雅鲁藏布江南亚带, -2, 仲巴微陆块, -3, 雅鲁藏布江北亚带; , 日喀则弧前盆地; , 冈底斯火山-岩浆弧; 为取样位置

2006-07-03 收稿, 2006-09-25 接受

国家自然科学基金(批准号: 40472058)和国家重点基础研究发展计划(批准号: 2002CB412600)资助

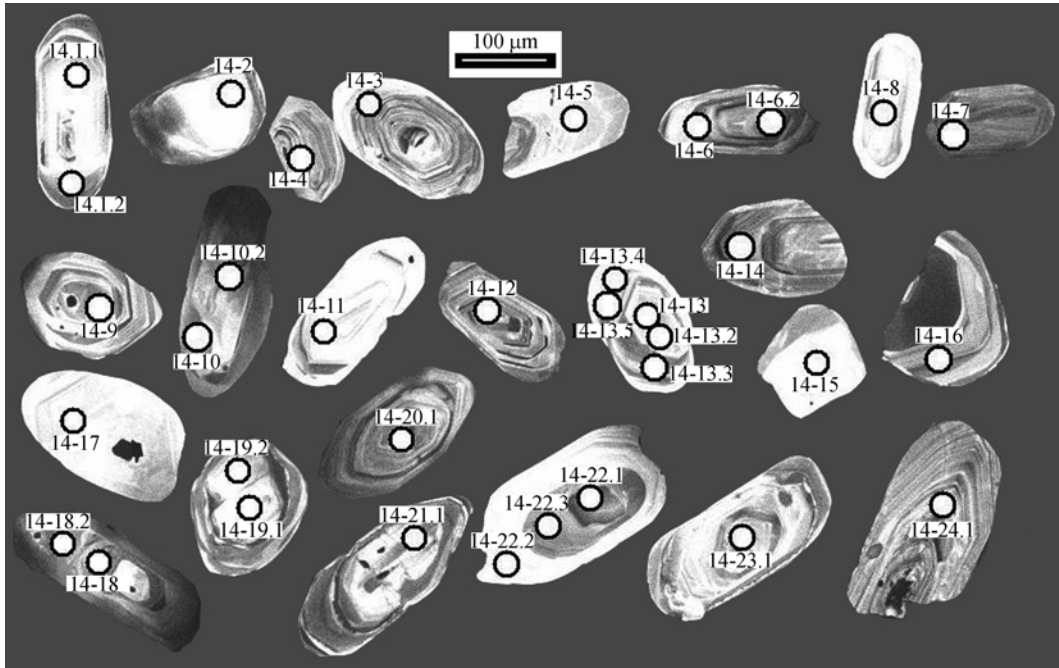


图2 石英岩中锆石颗粒 CL 图像及 SHRIMP 测点

上用标准测定程序完成的. 锆石 SHRIMP 分析点的选择, 主要依据锆石颗粒在显微镜透射光下的形貌、反射光下的裂纹和 CL 图像中的环带. 分析时一次离子为 4.5 nA, 10 kV 的 O^{-2} , 离子束直径约 25~30 μm , 质量分辨率约 5000(1%峰高). 在测定过程中, 每分析 3 至 4 个测点后测定标样 1 次, 以控制仪器的稳定性和离子计算数的准确性. 每次测定的 U, Th 和 Pb 含量均为同一测点连续 5 次分析的平均值. 应用标准锆石 Temora(417 Ma)进行元素分馏校正, 应用标准 SL13(U 含量 238 $\mu\text{g/g}$)标定样品的 U, Th 和 Pb 含量, 应用实测的 ^{204}Pb 进行普通铅的校正. 相应的各种比值和年龄计算均由计算机自动完成, 其测试结果见表 1. 表 1 中所采用的 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 加权平均年龄具有 95%的置信度, 所列单个数据点的误差为 1σ . 该石英片岩碎屑锆石 SHRIMP 年龄谐和图如图 3 所示.

3 讨论与结论

3.1 发现 4.1 Ga 年龄碎屑锆石

由表 1 和图 2 可知, 石英岩中单颗粒锆石(14-13)利用 SHRIMP U-Pb 法测年显示的年龄为 3215~4102.5 Ma, 其中内核最老年龄为(4102.5 \pm 4.3) Ma, 边部最小年龄为(3215 \pm 47) Ma. 且内核两测点年龄

((4102.5 \pm 4.3)和(4039 \pm 26) Ma)基本在谐和曲线上(图 3(a)), 显示其年龄的可信度. 我国华北地区发现有 U-Pb 年龄 3.8 Ga 碎屑锆石^[4], 华南地区发现有 Hf 模式年龄大于 3.5 Ga (U-Pb 年龄 > 3.2 Ga) 的岩浆锆石^[5]. 但是, U-Pb 年龄大于 4.0 Ga 的碎屑锆石在全球也不多见, 在中国也是首次报道.

20 世纪 80 年代 Froude 等^[6]报道西澳碎屑锆石最老年龄为 4190 Ma, 随后 Compston 等^[7]报道了 Jack Hill 更古老的碎屑锆石年龄为(4276 \pm 6) Ma. 20 世纪 90 年代 Maas 等^[8]研究了西澳 Mt Narryer 和 Jack Hill 3900~4200 Ma 古老碎屑锆石的地质年代和地球化学特征, Amelin^[9]报道了 Jack Hill 最老碎屑锆石年龄为(4115.1 \pm 0.7) Ma. 到 21 世纪, 仍有不少新的研究成果^[10~14], 如有报道碎屑锆石的年龄 4.0 Ga^[10], 3.3~4.4^[11], (4404 \pm 4)^[12]和(4348 \pm 3) Ma^[14]等.

Cavosie 等^[14]提供了西澳大利亚 Jack Hills 所有碎屑锆石的离子探针和电子探针成果、Th-U 化学性质、阴极发光环带和包裹体研究成果, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄范围从 4338 Ma 到 1576 Ma. 通过阴极发光图像观察, 大部分锆石保留了原始特征, Th/U 比值为 0.1~1.0. 西澳大利亚 > 4000 Ma 碎屑锆石保留了这个时期岩浆作用唯一直接证据. 老于 4000 Ma 的碎屑锆石只有在西澳大利亚被发现, 而且都是在 Yilgarn 克

表 1 西藏普兰县石英片岩中碎屑锆石 SHRIMP U-Pb 年龄测定结果表^{a)}

点号	U / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	Th / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	^{232}Th / ^{238}U	$^{206}\text{Pb}_c$ %	$^{206}\text{Pb}^*$ / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$ (b)	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}^{(b)}$	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}^{(b)}$	年龄/Ma	
									$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}^{(c)}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
14-1.1	824	245	0.31	0.02	371	0.17662±0.28	12.76±2.3	0.524±2.3	2,718±52	2,621.4±4.7
14-1.2	713	409	0.59	0.01	336	0.1666±2.8	12.60±3.7	0.549±2.3	2,812±56	2,523±48
14-2	147	91	0.64	0.06	39.7	0.1067±1.1	4.61±2.6	0.3134±2.4	1,759±40	1,743±19
14-3	530	425	0.83	0.05	74.6	0.0692±1.5	1.565±2.8	0.1639±2.3	980±24	906±31
14-4	712	212	0.31	0.05	69.2	0.06284±1.2	0.980±2.6	0.1131±2.3	692±16	703±26
14-5	318	219	0.71	0.21	46.8	0.0762±1.4	1.792±3.0	0.1707±2.6	1,020±28	1,099±28
14-6	452	110	0.25	0.11	97.2	0.0878±3.2	3.02±4.1	0.2498±2.5	1,439±34	1,378±61
14-6-2	330	47	0.15	0.04	65.6	0.09112±0.92	2.907±2.5	0.2314±2.3	1,342±29	1,449±18
14-7	728	118	0.17	0.08	105	0.0726±1.9	1.674±2.9	0.1672±2.3	997±22	1,003±38
14-8	253	200	0.81	0.24	40.2	0.0727±1.9	1.849±3.0	0.1844±2.3	1,092±27	1,007±38
14-9	394	151	0.40	0.13	59.6	0.07302±1.2	1.767±2.6	0.1755±2.3	1,043±23	1,014±24
14-10	526	174	0.34	0.08	209	0.17483±0.54	11.14±2.4	0.462±2.4	2,459±50	2,604.4±9.1
14-10-2	350	213	0.63	0.04	135	0.1597±0.74	9.89±2.6	0.449±2.5	2,393±53	2,453±13
14-11	377	240	0.66	0.20	54.6	0.07366±1.3	1.710±2.7	0.1683±2.3	1,005±24	1,032±27
14-12	643	288	0.46	0.03	289	0.18924±0.35	13.64±2.3	0.523±2.3	2,713±53	2,735.6±5.7
14-13	302	251	0.86	0.01	218	0.4362±1.7	50.5±2.9	0.840±2.3	3,929±73	4,039±26
14-13.2	286	211	0.76	0.02	211	0.4553±0.29	53.9±2.3	0.859±2.3	3,995±74	4,102.5±4.3
14-13.3	610	69	0.12	0.01	295	0.2548±3.0	19.74±3.7	0.562±2.3	2,877±53	3,215±47
14-13.4	414	67	0.17	0.01	262	0.330±3.4	33.6±4.1	0.737±2.3	3,564±64	3,618±52
14-13.5	533	49	0.09	0.00	317	0.300±5.4	28.6±6.2	0.692±3.0	3,389±80	3,470±84
14-14	903	295	0.34	0.01	247	0.10383±4.5	4.56±2.3	0.3183±2.3	1,784±37	1,693.7±8.3
14-15	129	115	0.93	0.00	30.8	0.1016±1.2	3.90±2.7	0.2784±2.4	1,586±38	1653±23
14-16	954	1605	1.74	0.05	140	0.07142±0.68	1.687±2.7	0.1713±2.6	1,016±33	970±14
14-17	120	89	0.77	0.20	43.7	0.1503±0.98	8.79±2.6	0.424±2.4	2,285±51	2,349±17
14-18	346	190	0.57	0.09	57.2	0.0807±1.4	2.138±3.5	0.1920±3.2	1,132±37	1,215±27
14-18.2	353	251	0.73	0.13	64.7	0.07825±1.3	2.296±2.6	0.2128±2.3	1,246±29	1,153±25
14-19.1	339	149	0.46	0.05	105	0.1406±1.4	6.99±2.7	0.3607±2.3	1,963±42	2,234±25
14-19.2	399	410	1.06	0.03	159	0.16350±0.46	10.43±2.3	0.463±2.3	2,454±53	2,492.2±7.7
14-20.1	605	136	0.23	0.04	86.2	0.07499±1.3	1.715±2.6	0.1659±2.3	989±22	1,068±26
14-21.1	369	141	0.39	0.00	59.7	0.07602±0.97	1.972±2.5	0.1882±2.3	1,115±25	1,096±19
14-22.1	1050	422	0.41	0.04	144	0.06998±0.70	1.537±2.4	0.1593±2.3	955±21	928±14
14-22.2	436	138	0.33	0.20	30.7	0.0553±2.1	0.624±3.2	0.0818±2.3	509±12	423±48
14-22.3	612	228	0.39	0.14	41.3	0.0576±2.0	0.622±3.1	0.0784±2.3	489±12	513±43
14-23.1	355	195	0.57	0.07	114	0.1458±0.83	7.54±2.5	0.3749±2.3	2,054±44	2,297±14
14-24.1	619	396	0.66	0.05	224	0.1776±1.8	10.30±2.9	0.4208±2.3	2,276±47	2,631±30

a) 2005 年 11 月在北京离子探针中心测试, 年龄误差为 1σ , $^{206}\text{Pb}_c$ 为普通铅含量, $^{206}\text{Pb}^*$ 为放射性铅含量; b) \pm 号前面数值为比值; \pm 后面数值表示误差范围, 单位为%; c) 普通铅校正应用 ^{204}Pb 实测值

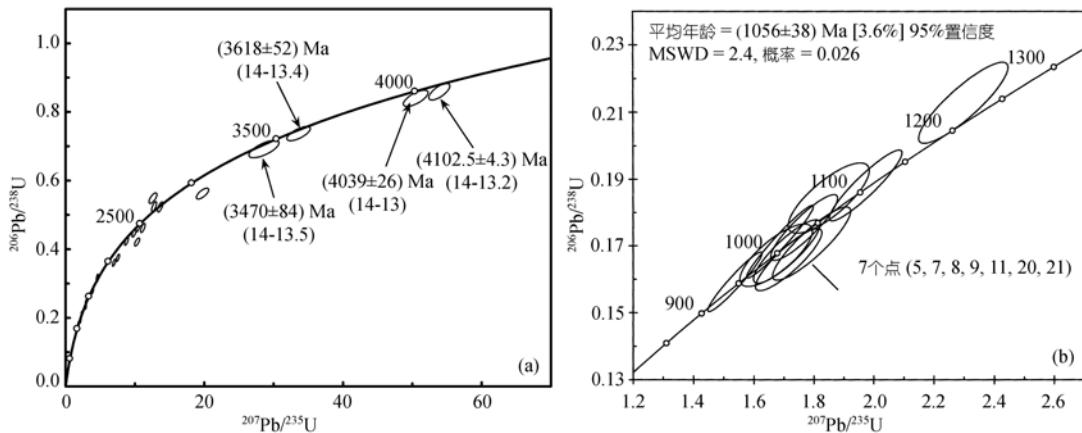


图 3 石英片岩碎屑锆石 SHRIMP 年龄谐和图

拉通的三个地点: Mt. Narryer, Jack Hill 和 Maynard Hill.

由上可知, 目前世界上老于 4000 Ma 的碎屑锆石主要见于西澳大利亚, 最老碎屑锆石为(4404±4) Ma. 而本次 SHRIMP U-Pb 法测得的单颗粒碎屑锆石最大年龄为(4102.5±4.3) Ma, 为目前我国甚至亚太地区最老碎屑锆石 U-Pb 年龄.

3.2 研究区可能存在多期岩浆活动

一般认为, 岩浆成因锆石的 Th/U 值大于 0.5, 变质重结晶锆石的 Th/U 值小于 0.1^[15,16]. 澳大利亚 > 4.3 Ga 的碎屑锆石, 其 Th/U 值为 0.59^[12]~0.63^[14], 属岩浆锆石. 藏西石英片岩中 > 4.0 Ga 锆石的 Th/U 值介于 0.76~0.86 之间, 属岩浆成因锆石.

将表 1 中相对谐和的锆石 U-Pb 年龄进行统计分析(图 4), 粗略地可将 35 个点分为 6 个时段, 即: (1) 4.1~4.0 Ga($n=2$), (2) 3.6~3.2 Ga($n=3$), (3) 2.7~2.2 Ga($n=10$), (4) 1.8~1.6 Ga($n=3$), (5) 1.3~0.9 Ga($n=12$)和(6) 0.7~0.4 Ga($n=3$). 相对集中时段为 2.7~2.2 Ga 和 1.3~0.9 Ga, 其中尤以(1056±38) Ma 最显著(图 3(b)). 若以碎屑锆石 Th/U 比值大于 0.5 为岩浆成因, 则相对重要时段为 4.1~4.0, 2.7~2.5 和 1.1~0.8 Ga, 显示研究区至少存在六期岩浆活动.

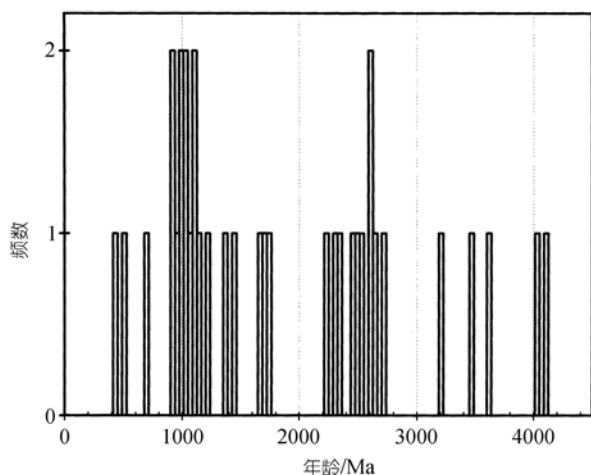


图 4 锆石年龄频率直方图

综上所述, 本次石英片岩碎屑锆石测年数据具有重大发现, 获取了目前中国最古老碎屑锆石 U-Pb 年龄 4.1 Ga, 并认为研究区可能存在至少六期岩浆活动, 这为研究青藏高原的地质演化提供了重要的年龄数据. 但由于研究区工作程度和研究程度都不高, 且 > 4.0 Ga 的两测点仅在一颗锆石中测得, 测点较少, 尚存在诸多问题有待进一步研究.

致谢 测试和研究过程中得到北京离子探针中心石玉若、万渝生研究员的指导和帮助, 成文过程中得到香港大学地球科学系赵国春博士和匿名评审人的帮助, 在此深表谢意.

参 考 文 献

- 1 西藏自治区地质矿产局. 中华人民共和国地质矿产部地质专报. 一, 区域地质 第 31 号, 西藏自治区区域地质志. 北京: 地质出版社, 1993
- 2 多吉, 温春齐, 陈惠强, 等. 西藏雅鲁藏布江缝合带西段热泉型金矿找矿靶区研究. 拉萨: 西藏自治区地质矿产勘查开发局, 2003
- 3 Black L P, Kamo S L, Allen C M, et al. TEMORA 1: A new zircon standard for Phanerozoic U-Pb Geochronology. *Chem Geol*, 2003, 200(1-2): 155—170[DOI]
- 4 Liu D Y, Nutman A P, Compston W, et al. Remnants of 3800 Ma crust in Chinese part of Sino-Korean craton. *Geology*, 1992, 20: 339—342[DOI]
- 5 Zhang S B, Zheng Y F, Wu Y B, et al. Zircon isotope evidence for 3.5 Ga continental crust in the Yangtze craton of China. *Precambrian Res*, 2006, 146: 16—34[DOI]
- 6 Froude D O, Ireland T R, Kinny P D, et al. Ion microprobe identification of 4100–4200 Myr-old terrestrial zircon. *Nature*, 1983, 304(5927): 616—618[DOI]
- 7 Compston W, Pidgeon R T. Jack Hill, evidence for more very old detrital zircons in western Australia. *Nature*, 1986, 321(6072): 766—769[DOI]
- 8 Maas R, Kinny P D, Williams I S, et al. The Earth's oldest known crust: a geochronological and geochemical study of 3900–4200 Ma old detrital zircons from Mt. Narryer and Jack Hills, Western Australia. *Geochim Cosmochim Acta*, 1992, 56(3): 1281—1300[DOI]
- 9 Amelin Y V. Geochronology of the Jack Hills detrital zircons by precise U-Pb isotope dilution analysis of crystal fragments. *Chem Geol*, 1998, 146(1-2): 25—38[DOI]
- 10 Nelson D R, Robinson B W, Myers J S. Complex geological histories extending for 4.0 Ga deciphered from xenocryst zircon microstructures. *Earth Planet Sci Lett*, 2000, 181(1-2): 89—102[DOI]
- 11 Peck W H, Valley J, Wilds S. Oxygen isotope ratios and rare earth elements in 3.3 to 4.4 Ga zircons: ion microprobe evidence for high $\delta^{18}\text{O}$ continental crust and oceans in the early Archean. *Geochim Cosmochim Acta*, 2001, 65(22): 4215—4229[DOI]
- 12 Wilde S A, Valley J W, Peck W H, et al. Evidence from detrital zircons for the existence of continental crust and oceans on the Earth 4.4 Gyr ago. *Nature*, 2001, 409(6817): 175—178[DOI]
- 13 Gariffin W L, Belousova E, Shee S R, et al. Archean crustal evolution in the northern Yilgarn Craton: U-Pb and Hf-isotope evidence from detrital zircons. *Precambrian Res*, 2004, 131 (3-4): 231—282[DOI]
- 14 Cavosie A J, Wilde S A, Liu D, et al. Internal zoning and U-Th-Pb chemistry of Jack Hills detrital zircons: a mineral record of early Archean to Mesoproterozoic (4348–1576 Ma) magmatism. *Precambrian Res*, 2004, 135 (4): 251—279[DOI]
- 15 Hoskin P W O, Black L P. Metamorphic zircon formation by solid-state recrystallization of protolith igneous zircon. *J Metamorph Geol*, 2000, 18(4): 423—439[DOI]
- 16 吴元保, 郑永飞. 锆石成因矿物学研究及其对 U-Pb 年龄解释的制约. *科学通报*, 2004, 49 (16): 1589—1604