可进行锆石年龄估算. 该方法简单、分析速度快、费用低. 本研究实验条件下, 空间分辨率为 40~ 50 μm, Pb 同位素灵敏度为 300~ 400, 精密度为 0.3%~ 4%, 取决于样品 Pb 的含量高低. 气体背景对铅含量低的样品干扰较严重. 本文方法尚处于尝试阶段, 需进一步完善、提高.

致谢 本工作得到了天津地质矿产研究所李惠民研究员, 核工业地质研究院李喜斌研究员, 中国科学院地质研究所张海政、王秀丽、张明斗的大力支持, 关鸿博士、张国辉博士参加了部分工作. 本工作为国家自然科学基金(批准号: 49573176) 资助项目.

参 考 文 献

1 Feng R, Machado N, Ludden J. Lead geochronology of zircon by Laser Probe_Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (LP_ICP_MS). Geocimica et Cosmochimica Acta, 1993, 57: 3 479~ 3 486

2 Fryer B J, Jackson S E, Longerich H P. The application of laser ablation microprobe_inductively coupled plasma_mass spectrometry (LAM_ICP_MS) to in situ (U)_Pb geochronology. Chem Geol, 1993, 109: 1

3 Hirata T, Nesbitt R W. U_Pb isotope geochronology of zircon: evaluation of the laser probe_inductivelycopuled plasma mass spectrometry technique. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1995, 59: 2 491

4 Walder A J, Abell I D, Plantzner I, et al. Lead isotope ratio measurement of NIST 610 glass by laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry. Spectrochimica Acta, 1993, 48B: 397~ 402

(1997-11-25 收稿, 1998-02-26 收修改稿)

甘肃北山地区首次发现榴辉岩和古元古花岗质岩石

梅华林 于海峰 李 铨 陆松年 李惠民 左义成
左国朝④ 叶得金④ 刘金城④
(中国地质科学院天津地质矿产研究所, 天津 300170; ④甘肃地质矿产局, 兰州 730000)

摘要 柳园地区的榴辉岩呈椭圆透镜状赋存于花岗质片麻岩中, 具有典型榴辉岩的岩石学和矿物学特征. 该榴辉岩的发现是重建塔里木地块构造边界的重要地质依据. 白湖地区存在一套花岗质岩石, 单颗粒锆石 U_Pb 谐和年龄和 Pb_Pb 表面年龄为 1 660~ 2 000 Ma, 证实了北山地区存在着古元古代的岩浆热_构造事件. 北山榴辉岩与中国东部大别和苏鲁地区榴辉岩具有许多相似特点, 它们可能代表着一条宏大的古亚洲构造边界.

关键词 **榴辉岩 古元古花岗质岩石 北山地区 甘肃省**

北山位于甘肃省西北部, 构造位置南邻塔里木、北接哈萨克斯坦, 东邻阿拉善地块, 通常与西部天山造山带视为古生代造山带[1](图 1(a)). 古元古花岗岩位于南山中北带, 构成北山中北带前寒武纪基底[2]. 榴辉岩位于北山南带构造带, 处于北山中北带与南部敦煌太古宙地块之间. 如同世界其他高压-超高压带一样, 该区榴辉岩很可能代表着两个重要的块体边界. 这为重新认识北山乃至整个天山-北山造山带构造演化具有重要意义.

1 榴辉岩

1.1 榴辉岩地质产状

北山榴辉岩发现于甘肃省柳园镇西 50 km 左右的古堡泉(如图 1(b)), 北山南带主要由古元古表壳岩(石英片岩、大理岩和斜长角闪岩等)和多期成因的花岗质片麻岩和基性-超基性岩[2]. 榴辉岩在片麻岩中呈椭圆透镜体产出, 单个透镜体长约 500 m, 宽 100 m. 如此大面积出露的榴辉岩块体即使在大别和苏鲁地区也甚为少见. 榴辉岩块体具块状和弱片麻状构造, 其外侧石榴石角闪岩片麻理明显. 整个透镜体长轴与区域片麻理一致. 围岩为片麻状花岗岩, 接触部位出现辉绿岩墙和强烈剪切带, 片麻岩深熔形成大量眼球状钾长石和石英, 其中包裹着石榴云母石英片岩等表壳岩包体. 区域片麻理呈 NWW-SEE 走向, 具较陡倾角(65~ 75°)(见图 1(c)).

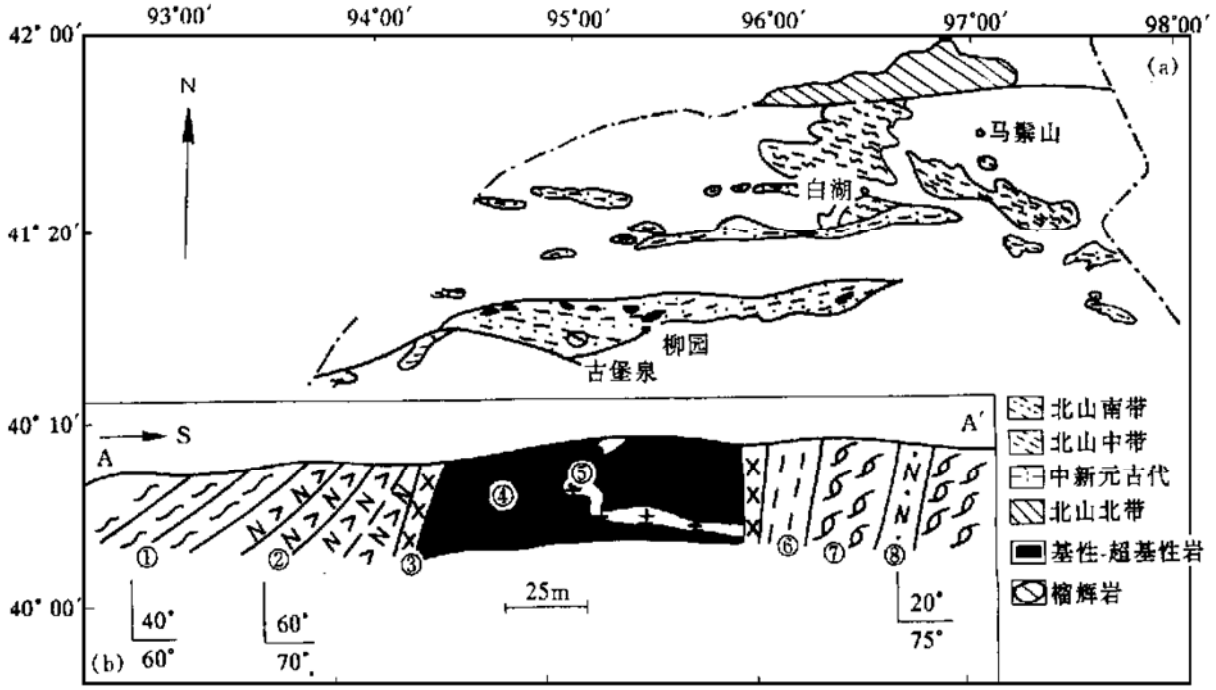


图 1 北山地区地质简图及榴辉岩地质剖面

(a) 北山地区岩性构造简图; **(b)** 榴辉岩产出地质剖面. ——花岗质片麻岩, ④——角闪岩, ㈣——辉绿岩岩墙, ——榴辉岩, ——花岗岩脉, ——强应变带, ⑧——眼球状钾长石花岗质片麻岩, ㈦——石榴云母石英片岩等表壳岩

1.2 榴辉岩岩相学特征

在岩石标本中, 墨绿色绿辉石和玖瑰红色石榴石相间分布, 两者含量近等量. 粒径 0.5~ 2.0 mm, 为中细粒等粒变晶结构. 在岩石薄片中矿物组合为石榴石+ 绿辉石+ 石英+ 金红石+ 钛铁矿+ 角闪石+ 斜长石+ 绿帘石. 绿辉石和石榴石共生组合为榴辉岩相变质峰期矿物组合(图 2(a)). 其中石榴石中包括石英、金红石. 石英包括自形六边形和不规则形态, 石榴石具有胀裂结构, 少数石英为正光性, $2V = 60\sim 64°$, 与柯石英光学性质相近, 是否为柯石英正进一步工作. 绿辉石为不稳定矿物, 多数分解为辉石+ 斜长石 ±角闪石交生体. 交生体呈指纹状和蠕虫状(图 2(b)), 角闪石可形成筛状聚晶. 石榴石相对稳定, 只在边部形成次生绿色角闪石. 金红石不稳定转变为钛铁矿. 在与围岩接触部位, 退变叠加的绿色角闪石、

绿泥石和绿帘石交代切割上述矿物. 岩石学观察表明榴辉岩矿物具有 3 个世代.

(1) 峰期矿物组合: 石榴石+ 绿辉石+ 石英(柯石英?)+ 金红石

(2) 退变交生组合: 角闪石+ 单斜辉石+ 斜长石+ 钛铁矿

(3) 后期叠加矿物组合: 绿色角闪石+ 绿泥石+ 绿帘石

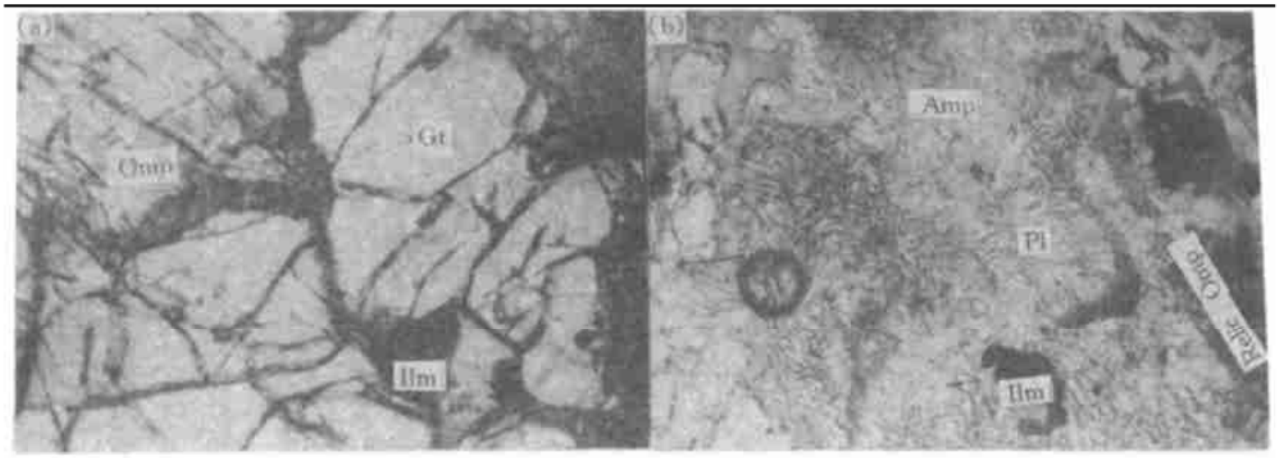


图 2 榴辉岩峰值组合石榴石与绿辉石共生(a)及辉石、斜长石和角闪石蠕虫状交生体(b)

(a) 单偏光, 底边长 1 mm; (b) 单偏光, 底边长 1 mm

Ilm ——钛铁矿, omp ——角闪石, Gt ——石榴石, pl ——斜长石, Relic Omp ——残留角闪石, Amp: 角闪石

1.3 矿物化学成分和主期温压条件

表 1 列出了代表性矿物电子探针分析结果, 测试由中国地质大学电子探针室赵磊教授完成. 实验条件为电压 15 kV, 电流 20 nA.

表 1 典型矿物成分分析(%)

	绿辉石	石榴石	绿辉石	石榴石	Na 普通辉石(交生)	斜长石(交生)	角闪石(聚晶)	角闪石(次生边)
SiO_2	56.02	39.57	55.36	39.47	53.89	65.86	42.43	40.88
TiO_2	0.26	0.00	0.14	0.26	0.21	0.04	0.77	0.12
AlO_3	7.57	21.38	8.15	20.83	4.00	21.03	14.01	17.18
FeO	6.69	24.58	6.91	23.64	8.13	0.19	13.02	17.25
MnO	0.10	0.50	0.08	0.55	0.00	0.00	0.05	0.18
MgO	9.55	5.55	8.89	4.84	11.35	0.00	12.02	8.96
CaO	14.88	7.67	15.11	9.44	17.91	2.68	9.78	10.13
K_2O	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.73	0.21
Na_2O	4.65	0.10	3.09	0.00	2.14	9.77	2.89	2.72
总量	100.36	100.41	98.27	99.61	98.76	100.27	96.12	97.91
Si	2.01	3.04	2.02	3.06	1.995	2.882	6.325	6.088
Ti	0.007	0.00	0.004	0.016	0.006	0.001	0.092	0.014
Al	0.32	1.937	0.346	1.904	0.175	1.085	2.461	3.015
Fe	0.200	1.58	0.211	1.535	0.257	0.007	1.633	2.148
Mn	0.003	0.032	0.002	0.036	0.000	0.00	0.00	0.023
Mg	0.511	0.636	0.483	0.560	0.626	0.00	2.668	1.990
Ca	0.572	0.632	0.589	0.785	0.710	0.126	1.564	1.617
K	0.00	0.002	0.000	0.003	0.00	0.00	0.138	0.039
Na	0.323	0.014	0.218	0.00	0.154	0.829	0.828	0.784

石榴石为镁铝榴石_钙铝榴石_铁铝榴石系列. 铁铝榴石含量 50%~ 55%, 钙铝榴石含量 22%~ 29%, 镁铝榴石含量 19%~ 22%, 锰铝榴石 1%左右, 在石榴石的 Fe^{2+} _Ca_Mg 图解中

落入 B 类和 C 类叠置区内(图 3).

绿辉石 Al_2O_3 含量 7.57%~8.15%, Na_2O 4.56%~3.09%, 硬玉分子为 31%~35%, 锥辉石含量很少, 成分为绿辉石(图 3). 交生体辉石 Al_2O_3 4.00%, Na_2O 2.14%, 硬玉分子 17%, 成分为钠质普通辉石(图 3), 斜长石(An=13), 为更钠长石.

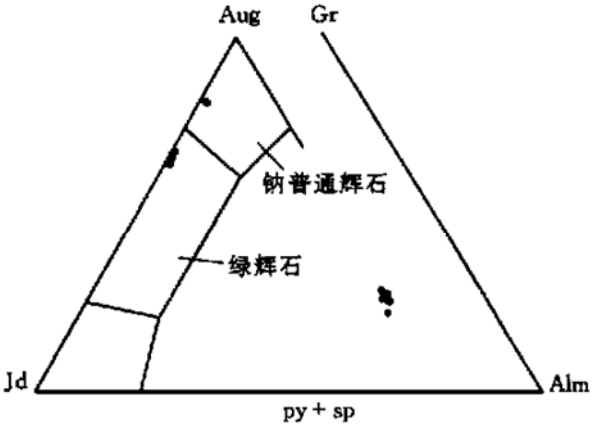


图 3 石榴石和绿辉石成分投点区及石榴石与绿辉石共生系数投点

角闪石后成金晶形成的聚晶角闪石和石榴石次生边两种, 角闪石 Si=6.09~6.325, Mg/(Mg+Fe)=0.48~0.62 且 $(Na+K)_A$=0.719, Ti=0.092, Al^{VI}=0.786~1.103, 属钙质角闪石和铝质钙质角闪石.

早期绿辉石和石榴石共存平衡系数($Ln K_D$=1.85±), 落入 B 类榴辉岩类. 按照 Powell[3] 和 Ellis 等人[4] 温度计算主温度 700~800 ℃(20 kb), 此温度条件下接硬玉分子计算压力 1 600~1 800 MPa. 后期交生矿物为钠质普通辉石、斜长石和角闪石交生体, 石榴子石_角闪石对温度 650 ℃, 硬玉分子 Jd=17 指示该温度范围内压力 1 000~1 200 MPa. 因此, 温度压力显示榴辉岩经历了明显降压过程, 反映了榴辉岩经历了由岩石圈深部向下地壳剥露过程. 后期铝质角闪石具有更低温度压力, 可能代表另一次抬升到地壳表层的地质事件.

2 古元古花岗质岩石产状状态

白湖群系甘肃北山已确定的重要地层单元, 该群岩性主要包括斜长片麻岩和混合岩类, 石英片岩类, 白云大理岩和少量变质火山岩类. 时代归入长城系. 但至今无任何年代学数据证明. 通过对该群典型剖面——北山区白湖南白湖群的野外观察, 原确定为下部的斜长片麻岩和混合岩, 大部分属糜棱岩化的花岗质岩浆侵入体. 花岗质侵入体中包裹着早期表壳岩, 如白云大理岩, 含榴石英岩, 石榴黑云变粒岩和斜长角闪岩等. 强烈的构造剪切作用致使花岗质岩石和其中表壳岩包体呈片麻状平行分布. 本文通过对花岗质岩石单粒锆石 U-Pb 年龄测定, 限定了表壳岩上限年龄及该区重要热-构造事件年龄, 并初论其重要意义.

2.1 样品采集及岩石特征

采集的两个样品位于北山区白湖南, 地理坐标: 纬度 41°31′, 经度 96°37′. 该区为大面积糜棱花岗质岩石和少量表壳岩包体. 糜棱条带、矿物线理十分发育. 强烈的剪切作用导致岩石部分熔融, 形成大量眼球状钾长石斑晶和花岗质脉体. BH9706 为糜棱岩化钾长石眼球状斑晶花岗闪长岩, BH9707 为糜棱岩化含石榴石英云闪长质岩石.

2.2 锆石形态和测试方法

两个样品锆石形态上主要有两个类型: ( ) 细针柱状无色或浅黄色锆石, 晶形自形, {110}和{100}柱面及{211}和{101}锥面保存较好; ( ) 柱状无色或浅黄色锆石, 晶形由半自形到它形, 半自形可见有柱面晶面但锥面多已溶蚀, 这部分锆石为长柱状特点; 它形锆石主要为短柱状, 甚至呈浑圆状. 根据晶体形态可判断细针柱状自形锆石为晚期结晶产物(如 BH 样品中 No.2, 3 锆石), 其他形态锆石可能代表岩浆结晶锆石, 其同位素体系可能重设.

本文单粒锆石 U-Pb 年龄测定由中国地质科学院天津地质矿产研究所李惠民副研究员完成. 实验室流程及铅空白参见文献[5].

2.3　测试结果

锆石年龄一致曲线谐合图绘于图 4, 两个糜棱花岗质岩石锆石 U-Pb 同位素测定结果列于表 2.

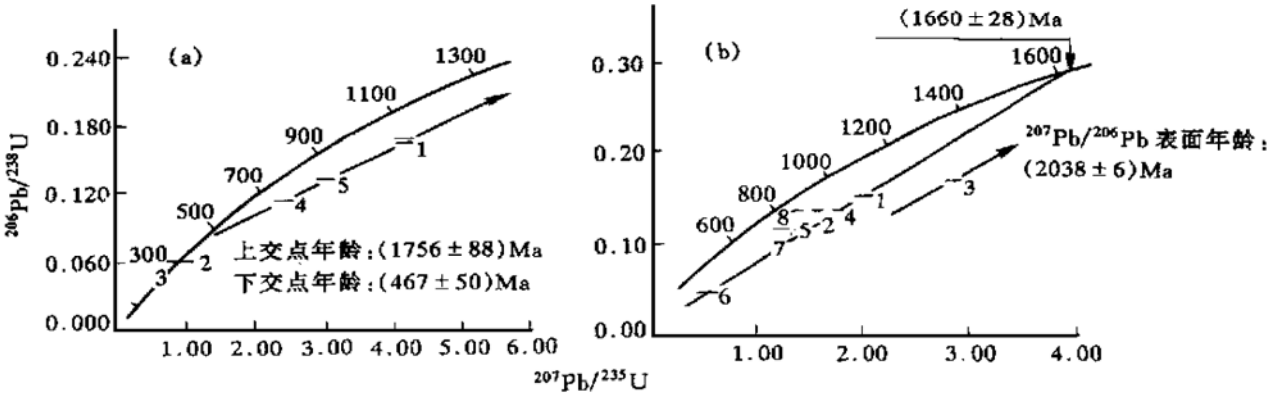


图 4　北山糜棱花岗质岩石锆石 U-Pb 同位素年龄谐和图

(a) 糜棱花岗闪长岩; (b) 糜棱含榴英云闪长质岩石

表 2　北山地区白湖群糜棱花岗质岩石单粒锆石 U-Pb 同位素结果

岩石	锆石号	锆石特征	重量/μg	浓度 U/μg·g⁻¹	浓度 Pb/μg·g⁻¹	样品 Pb 含量/ng	同位素原子比率* $^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{206}Pb$	$^{206}Pb/^{238}U$	$^{207}Pb/^{235}U$	$^{207}Pb/^{206}Pb$	表面年龄/Ma $^{206}Pb/^{238}U$	$^{207}Pb/^{235}U$	$^{207}Pb/^{206}Pb$
花岗闪长岩(BH06)	1	粒状浅黄色	20	256	42.240	0.0091	3822.9	0.0851	0.16025	2.032	0.09197	958.16	1126.3	1466.8
	2	针柱状, 自形, 浅黄色	25	209.7	13.958	0.00027	47102	0.2628	0.05869	0.4292	0.05303	367.68	362.57	330.06
	3	针柱状, 自形, 无色	30	162	10515	0.00039	32775	0.2373	0.05866	0.38965	0.04817	367.5	334.11	107.72
	4	短柱状, 浅黄色	20	193	22.755	0.06	2506.4	0.1157	0.11194	1.20914	0.07834	684	804.8	1155.6
	5	短柱状, 浅黄色	20	142	19.206	0.0074	23691	0.1112	0.12666	1.47415	0.08441	768.8	919.8	1302
石榴石英云闪长岩(BH07)	1	短柱状, 无色	20	491.02	77.243	0.005	11888	0.1356	0.14760	1.98402	0.0974	887.5	1110.01	1576.6
	2	长柱状, 浅黄色	20	856.6	115.71	0.0091	8839	0.096	0.13187	1.5878	0.0873	798.5	965.4	1367.7
	3	短柱状, 浅黄色	20	655.4	113.63	0.00093	81048	0.0894	0.16576	2.8713	0.12563	988.7	1374.4	2037.7
	4	短柱状, 浅黄色	20	622.7	85.34	0.002	5548	0.0856	0.13345	1.7682	0.09609	807.6	1033.9	1549.6
	5	短柱状, 无色	20	383.2	51.794	0.00022	181590	0.1132	0.13106	1.5421	0.08533	793.9	947.3	1323
	6	圆形, 无色	15	251.7	11.557	0.011	575.4	0.0493	0.4274	0.43914	0.07453	269.8	369.6	1055.7
	7	长柱状, 无色	15	168.3	19.19	0.0015	6662.7	0.1122	0.11011	1.2342	0.08130	673.4	816.3	1228.6
	8	长柱状, 无色	15	99.9	12.48	0.00072	9998	0.0281	0.13054	1.4073	0.07819	790.9	892	1151.7

样品 BH06 中自形针柱状锆石(No. 2, 3)测定结果落在或十分接近谐和线, $^{206}Pb/^{238}U$ 和 $^{207}Pb/^{235}U$ 表面年龄十分相近, 分别为 362.57~ 367.68 Ma 和 367.5~ 334.11 Ma, 反映基本无 Pb 丢失, 为本区最后一次重要事件年龄, BH06 中短柱状锆石存在一定量 Pb 丢失, 其一致曲线谐和线年龄, 上交点年龄为(1 756 ±88) Ma, 下交点年龄为(467 ±50) Ma, 考虑到后期影响, 同位素体系改变, 岩浆结晶年龄应大于 1 756 Ma, 极可能在 1 800 Ma 左右.

样品 BH07 中柱状锆石落在谐和线下部, 存在一定量 Pb 丢失, 锆石 No. 1, 64, 一致曲线谐和年龄为(1 660 ±28) Ma, 7 个锆石(除 No. 3)年龄一致曲线年龄大于 1 600Ma. 样品 BH06和 BH07 主体锆石年龄相近, 反映古元古岩浆结晶或期后改造事件. No. 3 锆石 $^{207}Pb/^{206}Pb$表面年龄为(2 038 ±6) Ma, 反映岩石中具有更老信息, 就其短柱状无色形态与其他锆石特点并无差别, 其极可能为继承锆石, 故这一年龄应代表原岩形成年龄.

4 重要地质意义

对北山地区存在着的大面积糜棱花岗质岩石, 早期研究者根据 K-Ar 和 Rb-Sr 年龄定为加里东期或印支期. 本文详细的单粒锆石 U-Pb 定年, 证明加里东为后期事件. 古元古代晚期为该区花岗质岩石重要活动时期. 花岗质岩石中继承锆石 $^{207}Pb/^{206}Pb$ 表面年龄 2 038 Ma 说明岩浆活动可能发生在 2 000 Ma, 并于 1 800 Ma 左右结晶并经历了剪切构造作用. 同时 2 000 Ma的花岗岩活动年龄有力说明了其中表壳岩形成应不小于这一年龄, 故早期研究者将黑云变粒岩、石榴石英岩、大理岩和斜长角闪岩定为长城系白湖群下部缺乏年龄根据, 应从白湖群中解析出来. 如此北山地区其他地方白湖群发育不全的问题便可迎刃而解. 同时对古元古代岩石组合提供了新的资料. 更为重要的是指示了吕梁运动在北山地区的表现, 对进一步认识吕梁运动对该区的影响以及与华北地台的关系的对比具有重要意义.

榴辉岩发现于北山南带构造带, 该构造带位于敦煌地质体与北山北带地质体之间[2]. 榴辉岩和大量基性-超基性岩和斜长花岗岩共存反映北山南带是一个重要构造带, 目前虽未获得榴辉岩年龄, 但其花岗质围岩获得的 5 个单锆石, 给出 880 Ma 的 U-Pb 谐和年龄[6]. 这一年龄和该区获得的斜长花岗岩 850 Ma 和辉长岩 721 Ma[7], 提供了新元古构造事件, 这一事件可能在北山地区占有重要地位, 应予充分重视. 就更大范围而言, 北山南带榴辉岩与其西部前苏联 Maksyutov, Makabal 和新疆高压变质带构成西部高压_超高压带, 现有资料反映为新元古构造事件[8,9]. 与之对应苏鲁_大别_秦岭构成东部高压_超高压带, 因而北山南带处于两者联结部位, 对探讨两者关系具有十分重要意义, 现有资料反映北山南带榴辉岩与苏鲁、大别榴辉岩具有很多相似特点. 包括: ( ) 榴辉岩主要以椭圆透镜体赋存于片麻岩、大理岩和超基性岩中; ( ) 涉及的岩石主要为元古代地层、围岩, 主要为 S 型花岗岩, 锆石 U-Pb 年龄集中在 700~ 900 Ma[10]; ( ) 榴辉岩经历了相同变质阶段, 特别是存在角闪石、单斜辉石和斜长石交生体. 峰期温度压力为 700~ 800 ℃/ > 1.6 GPa[11]; ( ) 榴辉岩处于两个早前寒武纪地块之间: 扬子和华北地块、塔里木和哈萨克斯坦地块. 因此, 如果东西高压-超高压带可联结一体, 则古亚洲板块的划分将重新评估. 当然, 上述认识将需要更多资料予以证实.

参 考 文 献

1 左国朝, 李茂松. 甘肃北山地区早古生代岩石圈形成与演化. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1995

2 梅华林, 于海峰, 李 铨, 等. 甘肃敦煌_北山早前寒武纪岩石组合_构造外部框架. 前寒武纪研究进展, 1997, 20(4): 47~ 54
3 Powell R. Regression diagnostics and robust regression in geothermometer/ geobarometer calibration: the garnet_clinopyroxene geothermometer revised. Journal of Metamorphic Geology, 1985, 3: 231~ 243
4 Ellis D J, Green D H. An experimental study of the effect of Ca upon garnet_clinopyroxene Fe_Mg exchange equilibria. Contribution to Mineralogy and Petrology, 1979, 71: 13~ 22
5 李惠民, 董传万, 徐夕生, 等. 泉州辉长岩中单粒锆石 U_Pb 法定年 ——闽东南基性岩浆岩的起源. 科学通报, 1995, 40(2): 158~ 160
6 梅华林, 李惠民, 陆松年, 等. 甘肃柳圆地区花岗质岩石时代及成因. 岩石矿物学杂志, 1998
7 杨 雨. 甘肃北山红柳圆地区发现早元古代地层. 甘肃地质科技情报, 1997(3): 39~ 41
8 肖序常, 汤耀庆, 李锦轶, 等. 试论新疆北部大地构造演化. 新疆地质科学, 1990(1): 147~ 168
9 Dobretsov N L. Blueschist and eclogites: a possible plate tectonic mechanism for their emplacement from the upper mantle. Tectonophysics, 1991, 186: 253~ 268
10 康维国, 胡 克, 单万通, 等. 华中元古宙高压变质带. 北京: 地质出版社, 1996. 10
11 魏春景, 王式光, 张立飞, 等. 对中国中部超高压榴辉岩的 P_T 轨迹及回返机制的新认识. 岩石学报, 1996, 12(1): 70~ 78

(1997-10-17 收稿, 1998-02-06 收修改稿)

西藏措勤盆地上二叠统的发现及其地质意义

陈清华 王建平④ 王绍兰 吴孔友
(石油大学(华东)资源系, 东营 257062; ④河南地质矿产局区域调查队, 平顶山 467021)

摘要 在西藏改则县下东乡阿多嘎布下二叠统下拉组剖面野外实测中, 根据岩性尤其是古生物组合特点, 分析该剖面可能有上二叠统的存在. 室内大量古生物鉴定结果证实了这一野外推论的正确性. 这一发现表明:“西藏冈底斯-念青唐古拉地区普通缺失上二叠统”的已有研究结论值得重新认识. 该组含有珊瑚、有孔虫、腕足、藻类等丰富的暖水型生物群化石, 局部出现珊瑚、层孔虫点礁. 这一特点很好地反映了当时古特提斯域从高纬度又转变为低纬度的演化特征.

关键词 西藏 上二叠统 桑穷组 新发现

1 研究区概况

青藏高原面积约为 110 万平方公里, 幅域十分广阔. 西藏特提斯域与波斯湾油气富集区属同一个大地构造单元, 该区油气赋存条件与勘探前景如何, 这一重要问题一直为世界所注目.

根据方便于大规模油气综合勘探的划分原则[1)], 措勤盆地地层跨班公湖-怒江地层区、冈底斯-念青唐古拉地层区、雅鲁藏布江地层区和喜马拉雅地层区. 其中, 冈底斯-念青唐古拉地层区是措勤盆地的主体, 其北界为改则-尼玛断裂带, 南界为雅鲁藏布江断裂带, 以江马-戈昂

1) 青藏油气勘探项目经理部. 关于西藏措勤盆地的划分意见(内部资料), 1996