

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

河北平山湾子群的时代: SHRIMP 锆石年代学证据

李基宏^{1,2)}, 杨崇辉³⁾, 杜利林³⁾, 万渝生^{3,4)}, 刘增校⁵⁾

1) 吉林大学地球科学学院, 长春, 130061; 2) 中国地质调查局, 北京, 100035

3) 中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037; 4) 北京离子探针中心, 100037

5) 河北地质矿产调查研究所, 河北廊坊, 065000

内容提要: 经过研究, 将太行山地区原阜平群中一套浅粒岩、斜长角闪岩和钙硅酸盐岩及大理岩构成的稳定组合解体出来, 建立了湾子群。本文对河北平山板桥沟地区湾子群中的钾长浅粒岩进行了锆石成因和年代学研究。阴极发光(CL)图像显示浅粒岩中的锆石主要为具有震荡环带的岩浆型碎屑锆石, 其 $Th/U > 0.38$, 表明原岩主要为火成岩。SHRIMP 分析结果表明碎屑锆石的结晶年龄为 2536 Ma, 并且部分颗粒有 2081 Ma 深熔作用的增生边。笔者综合各方面研究成果, 推测湾子群形成于 2.5~2.1 Ga 之间, 为古元古代的产物。并且在 2081 Ma 经历了强烈的深熔作用的影响, 形成了太行山地区广泛分布的古元古代钾质花岗岩。这一研究结果为探讨太行山地区的地质演化提供了重要的年代学依据。

关键词: 太行山; 湾子群; SHRIMP 年代学; 深熔作用

太行山位于华北克拉通的中部, 主要由早前寒武纪变质岩和少量中生代花岗岩组成, 是了解华北克拉通形成和演化的关键部位, 一直是中国前寒武纪地质研究的经典地区。

20世纪60年代初期河北区调队、山西区调队在太行山北段进行了1:20万区域地质调查工作, 提交了1:20万阜平幅、石家庄幅、孟县幅、平型关幅等区测报告。将太行山北段早前寒武纪变质岩系建立了著名的阜平群、龙泉关群、五台群、滹沱群, 厘定了早前寒武纪3个大的演化阶段——阜平期、五台期、吕梁期, 建立了区域构造格架。伍家善等(1989)以及河北省地质矿产局(1998)将阜平群、龙泉关群合称阜平群, 建立上、中、下3个亚群, 包括9个组。

20世纪80年代以前, 不论是1:20万区测报告、区域地质志, 还是专题研究工作, 都是按照传统地层学原理进行的。认为区内阜平群变质岩均为副变质岩, 按变质岩石组合、火山—沉积旋回等进行地层的划分和对比, 以斜长角闪岩和大理岩等特殊岩石组合为标志层, 建立为若干个组, 并建立起连续地层层序。

20世纪80年代后期, 由于太古宙 TTG 等变质深成岩概念的引入, 在实际工作中变质侵入体的认

识和圈定打破了多年来变质岩区变质地层一统天下的局面。特别是变质地层中, 紧闭倒转褶皱的发现和认识, 使变质地层划分迈出了突破性的一步。实际上以前所划分的9个组中有许多是同一岩层构造叠置所造成的重复。近来一些学者相继提出了阜平杂岩的概念, 王凯怡等(1991)认为阜平群主体为变质侵入体(花岗质片麻岩), 其内有少量的基性火山岩的包体或捕虏体。刘树文(1996a, 1996b)、刘树文等(1997, 1999, 2002a)、Liu 等(2000, 2002b, 2004a, 2004b)经过深入的研究将太行山地区的原阜平群划分为阜平片麻杂岩、湾子变质层状岩系和南营片麻岩(席状花岗质侵入体)等3个地质单元, 并且提出了太行山和恒山为同一古陆块的新认识。Zhao(2001)、Zhao 等(2000a, 2000b, 2002, 2003)将太行山地区的原阜平群归属为分割华北克拉通东部陆块和西部陆块的中部构造带。

1 地质背景

笔者新近的研究表明原阜平群或阜平杂岩既不是单一的群级单位的地质体, 也不是简单地由花岗质片麻岩和少量基性火山岩组成, 而是由若干不同性质的地质体所组成, 解体后可划分为阜平岩群

注: 本文为中国地质调查项目(编号 199913000003)和国家自然科学基金重大国际合作项目(编号 40420120135)资助成果。

收稿日期: 2004-01-15; 改回日期: 2004-06-18; 责任编辑: 刘淑春。

作者简介: 李基宏, 男, 1965年生。高级工程师, 区域地质及矿产专业。通讯地址: 100035, 北京, 中国地质调查局。

(Fuping Group)和湾子群以及若干变质深成岩^①。阜平岩群主要为各种片麻岩,其次为二辉麻粒岩、斜长角闪岩和不纯大理岩,夹浅粒岩、磁铁石英岩,原岩为基性火山岩、砂质、粉砂质沉积岩和碳酸盐岩,变质程度为高角闪岩相,局部达麻粒岩相。其酸性麻粒岩中碎屑锆石的时代为2700 Ma 左右,麻粒岩相变质作用的时代为2538 Ma 左右^②。原阜平群内湾子组、宋家口组及文都河组等地层中有一套由厚层浅粒岩、斜长角闪岩和钙硅酸盐岩及大理岩等组成的稳定岩石组合,大体相当于伍家善等(1989)划分的阜平群中亚群部分地层。它们在区内不同地方均以同样的组合出现,并且层序稳定,是一套沉积特征明显的表壳岩,原岩主要由具有明显沉积韵律的厚层—巨厚层岩屑砂岩、长石砂岩、粉砂岩、泥灰岩和碳酸盐岩组成。区域变质特征明显不同于阜平岩群,为角闪岩相变质,部分地段韧性变形叠加后退变为低角闪岩相。变形主要表现为标志性明显的褶皱,除局

部发育剪切带外,总体表现出相对刚性的特征,明显不同于阜平岩群以塑性流变为特征的变形特点。无论在岩石组合、原岩建造,还是在变质变形特征上,这套岩石地层组合均不同于阜平岩群,因而,将其从原阜平群中解体出来,建立一个新的地层单位——湾子群。刘树文等(2002a)将大体相当于这套地层的岩石称为湾子层状变质岩系,认为时代可能为太古宙。王启超等(1996,2001)将其划为阜平超群,认为其形成于中太古代(3.3~2.8 Ga)。吴昌华等(2000)则认为这套地层是晋蒙高级区古元古代孔兹岩系的等同物。可以看出新解体出来的这套地层的时代,成了认识太行山地区地质演化的关键问题之一。

近年来一些学者在太行山地区进行了许多年代学研究,但结果和认识并不完全一致。王启超等(2001)将阜平超群的时代划为中太古代(3.3~2.8 Ga)。李勤等(2002)也认为陈庄岩群(相当于阜平岩群)的时代为中太古代。多数学者认为阜平岩群的形

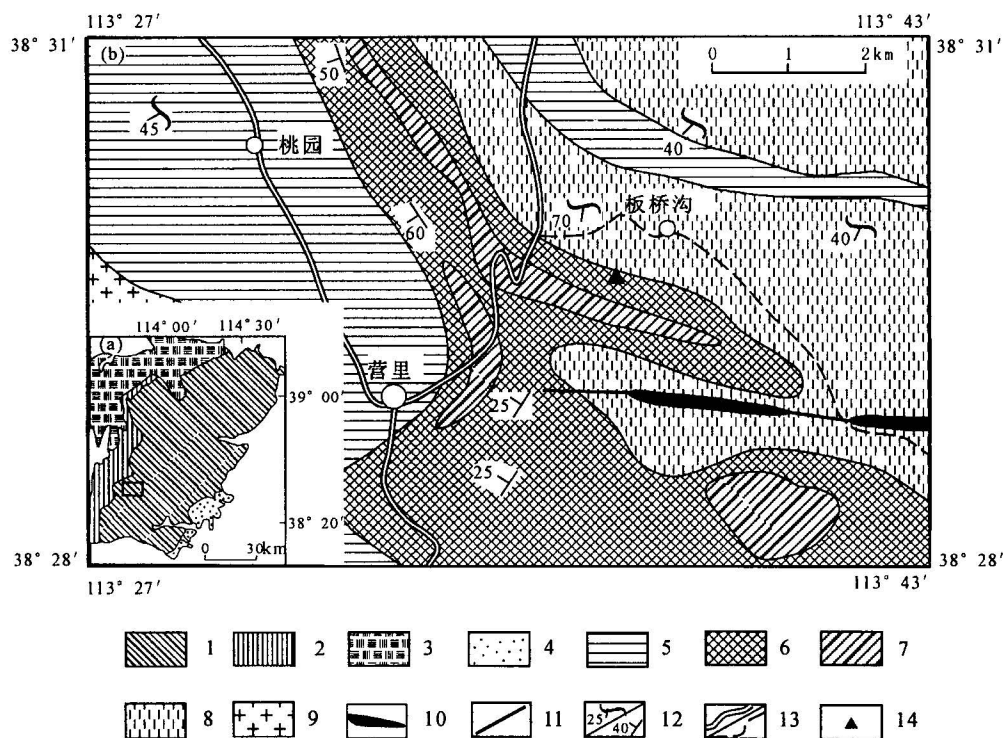


图1 平山板桥沟地区地质图

[(a)为阜平杂岩示意图,据刘树文等,1997;Zhao等,2002,修改]

Fig. 1 The geological map of the Banqiaogou area in Pingshan County

[(a) is a sketch map of Fuping complex, modified after Liu Shuwen et al., 1997; Zhao et al., 2002]

1—阜平杂岩;2—龙泉关杂岩;3—五台杂岩;4—赞皇群;5—阜平岩群;6—湾子群下组;7—湾子群上组;8—坊里片麻岩;9—白羊岭花岗岩;10—辉绿岩脉;11—断层;12—片麻理/层理产状;13—道路;14—采样点

1—Fuping Complex; 2—Longquanguan Complex; 3—Wutai Complex; 4—Zanhuang Group; 5—Fuping Rock Group; 6—Lower Formation of Wanzi Group; 7—Upper Formation of Wanzi Group; 8—Fangli gneiss; 9—Baiyangling granite; 10—dolerite veins; 11—fault; 12—occurrence of gneissosity/bedding; 13—roads; 14—sampling location

成时代是新太古代,但对变质作用的时代存在着很大的争议。王启超等(2001)和李勤等(2002)认为最早的变质作用始于中太古代,而 Wilde (1998)、Cawood 等 (1998)、Zhao (2001)、Zhao 等 (2000a, 2000b, 2002) 则认为只存在 1.8 Ga 左右的变质作用。伍家善等(1989)和刘树文等(2002a)则认为阜平岩群(杂岩)的区域变质作用发生在 2.5 Ga 左右,而 1.8 Ga 左右又遭受了一期变质作用的影响或叠加。

在河北平山板桥沟地区主要出露有阜平岩群、湾子群、坊里片麻岩、白羊岭花岗岩和少量辉绿岩等,并常见有白色的钠质伟晶岩脉和粉红色的钾质伟晶岩脉。阜平岩群岩性主要为黑云斜长片麻岩和角闪斜长片麻岩夹斜长角闪岩。湾子群可进一步划分为由钾长浅粒岩和少量变粒岩构成湾子群的下组以及斜长角闪岩、钙硅酸盐岩和大理岩构成的上组(图1)。坊里片麻岩为英云闪长质的黑云斜长片麻岩,具有典型的太古宙 TTG 的特征,形成时代为 2536.5 ± 9.8 Ma (杨崇辉等, 2004)。白羊岭花岗岩为吕梁期的黑云母二长花岗岩,明显侵入阜平岩群,接触面不规则,并有岩枝、岩脉穿入围岩。工作区湾子群与阜平岩群和坊里片麻岩为韧性剪切构造接触关系,其片麻理的产状基本一致(图1)。

2 样品描述

样品采自平山县营里乡板桥沟(图1),为湾子群底部的钾长浅粒岩(表1, F0045-4)。该样品在野外可见有明显的条带状构造和成分分层的变化,其上部分布有钙硅酸盐岩和大理岩,是典型的表壳岩组合。由于受深熔作用的影响,该样品岩石粒度明显加粗,局部层理被改造,具有中粗粒齿状变晶结构,与区域上浅粒岩的深熔作用特征一致(程裕淇等, 2001)。主要由钾长石(微纹长石和微斜长石,两者含量大致相当)(60%)、斜长石(5%~10%)、石英(30%)和少量黑云母、白云母及副矿物组成,变质程度为角闪岩相。其中斜长石大多数被钾长石包裹和交代,多数呈残片状,表面大多数已绢云母化和黝帘石化,在与钾长石接触处,斜长石边缘大多数有净边。黑云母大多数已转变成了白云母,只有少量分布在长石和石英的边界处,并且强烈地绿泥石化。石英全部以不规则状集合体形式分布。人工重砂鉴定表明该样品的副矿物主要为锆石(293.3×10^{-6})、磷灰石(6.2×10^{-6})、金红石(3.1×10^{-6})、夕线石(1.5×10^{-6})、独居石(47.7×10^{-6})、黄铁矿(1.5×10^{-6})、赤褐铁矿(47.7×10^{-6})、钛磁铁矿(8437.7×10^{-6})、钛铁矿(3537.7×10^{-6}),并有少量石榴子石等。锆石主要为粉色,外形为次浑圆状、半自形柱状、粒状和不规则

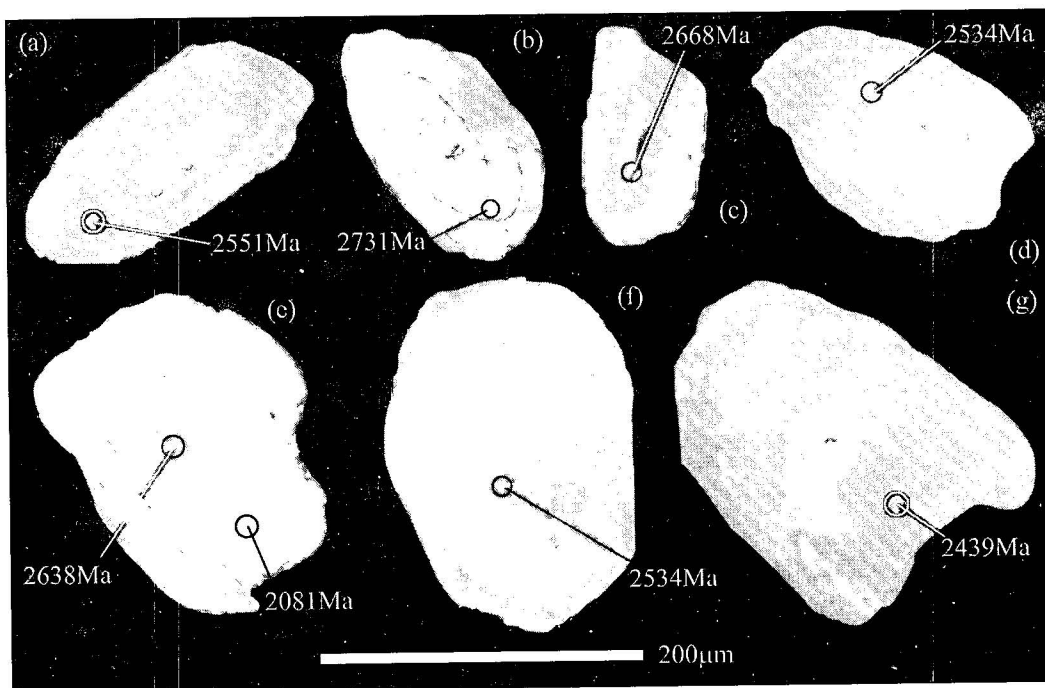


图2 湾子群钾长浅粒岩部分代表性锆石阴极发光图像

Fig. 2 Typical zircon CL images of leucocleptite in Wanzi Group

状。绝大部分呈半透明—透明,个别为半透明—不透明,油脂光泽。多数锆石表面粗糙,裂纹普遍,可见凹坑、沟槽、突起等溶蚀痕迹。部分锆石有不同程度的水化现象,水化强烈的锆石呈乳白色、黄白色或浅灰色。多数锆石固相包体发育。有些颗粒见有断口再溶蚀的痕迹,表明其为碎屑锆石,粒径以0.1~0.3 mm为主,少数为0.05~0.1 mm,个别为0.3~0.45 mm。

3 分析方法

对样品首先进行人工重砂鉴定,具体的处理过程是破碎、淘洗和重液分离,然后进行电磁分离,分为无磁、电磁和强磁等不同部分,最后对锆石进行手工挑纯。上述分选完成后进行重砂分析,初步分析锆石的可能成因。然后根据锆石颗粒大小的情况,分别将其与标样一起粘在树脂台上,打磨抛光,去掉约锆石颗粒一半的厚度,尽可能得到横切颗粒中心的剖面,制成样靶(mount),详见宋彪等(2002)文献。在离子探针测试前,先在电子探针上进行了背散射和阴极发光研究,以确定锆石的内部结构和成因。最后再经清洗镀金,在 SHRIMP II 上进行同位素测试,

具体的操作方法见 Williams(1998)等文献。锆石背散射和阴极发光研究由中国地质科学院矿产资源研究所电子探针研究室完成,锆石 SHRIMP U-Pb 分析由北京离子探针中心完成。

4 分析结果和讨论

阴极发光和背散射图象表明该样品中的锆石多数具有双层结构,内部为具有一定岩浆环带特征的碎屑锆石,外侧为一窄的较高亮度的变质增生边(图2a, b, e),有一些则没有增生或重结晶的边(图2d, f)。有个别的锆石中间为星云状结构的核,外侧为一无结构的高亮度的增生或重结晶的边(图2c),还有个别的岩浆型的碎屑锆石有明显的交代和蚀变现象(图2g)。锆石的这些特征说明该岩石的源岩可能主要为火成岩,并且很可能是侵入岩。此外还有个别的锆石的内部没有环带结构,外侧亦有一很亮的边,这种碎屑锆石可能来自非火成岩。

笔者等选取了15个锆石颗粒,测试了20点,结果见表1和图3。核部残留锆石年龄在2.7 Ga左右, Th/U 值为0.38~1.12,具有岩浆锆石的特征,可能为岩浆锆石的包晶。绝大多数岩浆碎屑锆石年

表 1 湾子群钾长浅粒岩锆石 SHRIMP U-Th-Pb 数据

Table 1 SHRIMP U-Th-Pb data of leucocleptite in Wanzi Group

样点号	U ($\times 10^{-6}$)	Th	$\frac{^{232}\text{Th}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}_c}{^{206}\text{Pb}^*}$ (%)	$\frac{^{207}\text{Pb}^*}{^{206}\text{Pb}^*}$		$\frac{^{207}\text{Pb}^*}{^{235}\text{U}}$		$\frac{^{206}\text{Pb}^*}{^{238}\text{U}}$		$t(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}) \pm 1\sigma$ (Ma)
					测值	相对误差 (%)	测值	相对误差 (%)	测值	相对误差 (%)	
F0045-4-1.1	236	139	0.61	0.00	0.1693	0.6	11.95	3.6	0.5116	3.6	2551 $\pm$ 10
F0045-4-2.1	318	154	0.50	0.20	0.1584	0.6	9.53	3.6	0.4361	3.6	2439 $\pm$ 11
F0045-4-3.1c	178	193	1.12	—	0.1814	1.0	13.16	3.7	0.5262	3.6	2666 $\pm$ 16
F0045-4-3.2r	193	41	0.22	0.64	0.1405	1.5	5.62	3.9	0.2901	3.6	2234 $\pm$ 26
F0045-4-4.1	161	84	0.54	0.16	0.1626	0.7	11.39	3.7	0.5079	3.6	2483 $\pm$ 13
F0045-4-5.1	47	38	0.82	—	0.1683	1.4	11.15	4.1	0.4807	3.8	2541 $\pm$ 23
F0045-4-6.1	112	87	0.80	0.09	0.1689	0.9	11.61	3.7	0.4985	3.6	2547 $\pm$ 14
F0045-4-6.2	137	95	0.72	—	0.1702	1.0	9.27	3.8	0.3950	3.7	2560 $\pm$ 17
F0045-4-7.1	154	99	0.66	0.18	0.1667	0.9	11.39	3.7	0.4957	3.6	2525 $\pm$ 14
F0045-4-8.1	161	94	0.60	0.08	0.1676	0.8	10.44	3.7	0.4516	3.6	2534 $\pm$ 13
F0045-4-9.1	246	112	0.47	0.11	0.1762	0.6	11.96	3.6	0.4923	3.6	2617 $\pm$ 10
F0045-4-10.1	94	35	0.38	0.38	0.1888	0.9	13.63	3.8	0.5236	3.6	2731 $\pm$ 16
F0045-4-11.1	184	83	0.47	0.23	0.1817	0.8	11.24	3.7	0.4485	3.6	2668 $\pm$ 12
F0045-4-12.1	93	77	0.85	1.05	0.1653	1.3	11.33	3.9	0.4972	3.6	2511 $\pm$ 22
F0045-4-13.1	120	80	0.69	0.16	0.1676	0.9	10.37	3.7	0.4485	3.6	2534 $\pm$ 15
F0045-4-14.1c	84	34	0.42	0.51	0.1784	1.6	11.96	4.0	0.4863	3.7	2638 $\pm$ 26
F0045-4-14.2r	73	14	0.20	1.19	0.1287	2.7	5.60	4.6	0.3156	3.7	2081 $\pm$ 47
F0045-4-15.1	67	44	0.68	0.24	0.1668	1.2	10.56	3.9	0.4594	3.7	2526 $\pm$ 20
F0045-4-15.2	183	174	0.98	0.31	0.1652	1.0	10.34	3.7	0.4541	3.6	2510 $\pm$ 16
F0045-4-16.1	85	60	0.73	0.00	0.1676	0.9	11.19	3.8	0.4844	3.7	2534 $\pm$ 16

注:普通铅用测定的 ^{204}Pb 校正。 Pb_c 和 Pb^* 分别代表普通铅和放射成因铅。

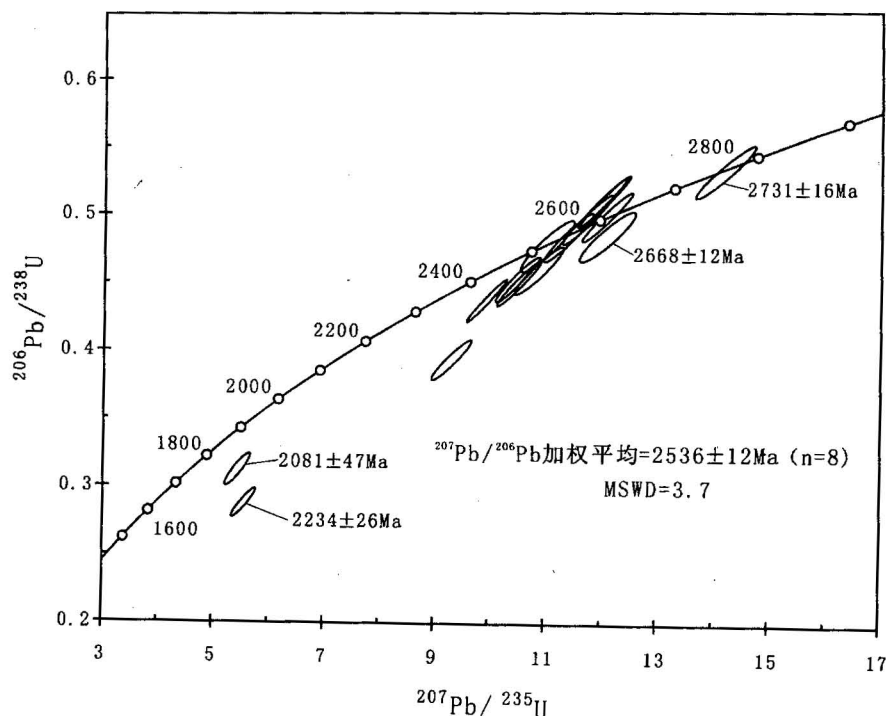


图3 湾子群钾长浅粒岩 SHRIMP U-Pb 谐和图

Fig. 3 SHRIMP U-Pb concordant diagram of leucocleptite

龄在2.5 Ga左右,排除普通铅含量高的点,选取8个点的 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄数据加权平均值为 2536 ± 12 Ma, Th/U 平均值为0.67,代表了源区岩浆岩石的形成年龄。由于绝大多数的高亮度的增生边很窄,并且其U和Th的含量均较低而普通铅含量较高,难以测出准确年龄,笔者等只成功地得到了两个最外侧增生边的年龄,其 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄分别为 2081 ± 47 Ma和 2234 ± 26 Ma,后者的锆石边部很窄,推测分析过程中可能有核部锆石的混入,这一年龄可能为混合年龄;而前者边部较宽(图2e),其年龄可能代表了边部锆石形成的真实年龄,由于其Th/U值为0.20,区别于典型的变质锆石(Th/U值通常小于0.1)。由于该样品受到了深熔作用的强烈影响,笔者等推测该增生边为深熔作用过程中形成的。程裕淇等(2000)曾对研究区南部下康家峪地区受深熔作用强烈影响的湾子群钾长浅粒岩进行过研究,得到其单颗粒锆石上交点年龄为 2.06 ± 0.08 Ga,由其所形成的深熔团块中锆石的上交点年龄为 2.08 ± 0.07 Ga,认为这一年龄为古元古代深熔作用影响的范围,与本文所测得的深熔作用的时代基本一致。因此,可以确定这一年龄值大致代表该岩石形成以后深熔作用时代。刘树文等(2002a)通过对太行山地区

已有年龄数据的统计,发现存在2.1~2.0 Ga的一个年龄峰值,因此认为存在2.1~2.0 Ga的深熔花岗岩侵位结晶事件,这与本文的结果是一致的。Zhao等(2002)曾测试了孟家庄地区湾子群(浅粒岩)的两个样品,他们的研究也表明湾子群浅粒岩的源岩主要为火成岩,所测的锆石SHRIMP U-Pb等时线的上交点年龄分别 2510 ± 22 Ma和 2507 ± 11 Ma,认为是源区火成岩的形成年龄,继而限定湾子表壳岩的形成时代小于这一年龄。但由于一个样品中有一个环带型锆石具有2109 Ma协和年龄,因此更倾向于湾子表壳岩的形成时代小于2109 Ma。但他们给出的数据中这一锆石的Th/U值为0.03,不具有典型岩浆锆石的特点,因而也就不能排除是变质锆石的可能,笔者等则认为这一年龄大体为湾子群变质作用的年龄,可作为湾子群的上限。

综上所述,湾子群的形成时代应该限定在2536~2109 Ma之间,前已述及湾子群的变质变形特征均明显不同于阜平岩群,而阜平岩群的麻粒岩相变质作用发生于太古宙末(刘树文等,2002a;杨崇辉等,2004),因而湾子群应属古元古代的产物,并且在2081 Ma经历了强烈的深熔作用的影响,形成了太行山地区广泛分布的古元古代钾质花岗岩。这就表

明太行山地区的地质演化历史是非常复杂的,不仅存在太古宙的变质作用,也还存在2.1 Ga左右的变质(深熔)作用,而不是简单的只有1.8 Ga的变质作用。

致谢: SHRIMP测试得到北京离子探针中心宋彪研究员、刘敦一研究员、陶华工程师和张玉海工程师的大力支持和帮助。

注 释

- ① 程裕淇,杨崇辉,等. 2003. 太行山北段阜平群的基本组成特征和深熔作用对地壳岩石的改造. 中国地质科学院地质研究所研究报告.

参 考 文 献

- 程裕淇,万渝生,高吉凤. 2000. 河北平山小觉地区阜平群变质作用和深熔作用同位素年代研究的初步报道. 地质学报, 74(1): 30~38.
- 程裕淇,万渝生,高吉凤,马瑞. 2001. 河北平山小觉地区阜平岩群中三种岩类深熔现象的岩相学特征. 地质论评, 47(1): 7~18.
- 河北省地质矿产局. 1989. 河北省、北京市、天津市区域地质志. 北京: 地质出版社.
- 李勤,张德生. 2002. 河北省早前寒武纪变质基底的划分和对比. 前寒武纪研究进展, 25(1): 52~58.
- 刘树文. 1996a. 太行山阜平片麻岩的流体与岩石平衡体系研究. 中国科学(D辑), 27(3): 239~244.
- 刘树文. 1996b. 阜平地区麻粒岩的 $P-T$ 路径研究. 高校地质学报, 2: 75~84.
- 刘树文,梁海华. 1997. 太行山太古宙变质杂岩中富铝片麻岩的变质作用. 岩石学报, 13(3): 303~312.
- 刘树文,梁海华,华永刚. 1999. 太行山太古宙湾子岩系的流体与岩石平衡体系. 北京大学学报(自然科学版), 35(2): 259~264.
- 刘树文,李江海,潘元明,等. 2002a. 太行山—恒山太古宙古老陆块: 年代学和地球化学制约. 自然科学进展, 12(8): 826~833.
- 宋彪,张玉海,万渝生,等. 2002. 锆石 SHRIMP 样品靶制作、年龄测定及有关现象讨论. 地质论评, 48(增刊): 26~30.
- 王凯怡,李继亮,刘如琦. 1991. 阜平片麻岩之成因. 地质科学, 11(3): 254~267.
- 王启超,肖文暹,张少卿. 1996. 太行山阜平超群的地质时代及地层划分. 华北地质矿产杂志, 11(3): 443~446.
- 王启超,赵永利,王琴廷,等. 2001. 太行山区阜平超群的地质时代及层序. 地层学杂志, 25(增刊): 391~397.
- 吴昌华,李惠民,钟长汀,左义成. 2000. 阜平片麻岩和湾子片麻岩的单颗粒锆石 U-Pb 年龄——阜平杂岩并非统一太古宙基底的年代学证据. 前寒武纪研究进展, 23(3): 129~139.
- 伍家善,耿元生,徐惠芬,等. 1989. 阜平群变质地质. 见: 中国地质科学院地质研究所所刊, 第19号. 北京: 地质出版社, 1~213.
- 杨崇辉,杜利林,万渝生,等. 2004. 河北平山英云闪长质片麻岩锆石 SHRIMP 年代学. 高校地质学报, 10(4): 514~522.

References

- Bureau of Geology and Mineral Resources of Hebei Province. 1989. Regional Geology of Hebei Province, Beijing Municipality and Tianjin Municipality. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).

- Cawood P, Wilde S A, Wang K Y, et al. 1998. Integrated geochronology and field constraints on subdivision of the Precambrian in China: data from the Wutaishan. Abstract of the 9th International Conference on Geochronology, Cosmochronology and Isotope Geology, Beijing. Chinese Science Bulletin, 43: 17.
- Cheng Yuqi, Wan Yusheng, Gao Jifeng. 2000. Preliminary study on the isotopic age of metamorphism and anatexis of the Fuping Group of the environs of Xiaojue, Pringshan County, Hebei Province. Acta Geologica Sinica, 74(1): 30~38 (in Chinese with English abstract).
- Cheng Yuqi, Wan Yusheng, Gao Jifeng, Ma Rui. 2001. Petrographic characteristics of three anatectically transformed metamorphic rock types of the Fuping Group-Complex of the Xiaojue Region, Pringshan, Hebei. Geological Review, 47(1): 7~18 (in Chinese with English abstract).
- Li Qin, Zhang Desheng. 2002. Division and correlation of Early-Precambrian metamorphic basement in Hebei Province, China. Progress in Precambrian Research, 25(1): 52~58 (in Chinese with English abstract).
- Liu Shuwen. 1996b. Study on the $P-T$ path of granulites in Fuping area, Hebei Province. Geological Journal of Universities, 2: 75~84 (in Chinese with English abstract).
- Liu Shuwen. 1997. Study on fluid-rock equilibrium systems of Fuping gneiss complex, Taihang Mountains. Science in China (Ser. D), 40: 239~245.
- Liu Shuwen, Liang Haihua. 1997. Metamorphism of Al-rich gneisses from the Fuping complex, Taihang Mountain, China. Acta Petrologica Sinica, 13(3): 303~312 (in Chinese with English abstract).
- Liu Shuwen, et al. 2000. Isotopic chronology and geological events of Precambrian complex in Taihangshan region. Science in China (Ser. D), 43(4): 386~393.
- Liu Shuwen, Pan Yuanming, Li Jianghai, et al. 2002b. Geological and isotopic geochemical evidences on the evolution of the Fuping Complex, North China Craton. Precambrian Research, 117: 41~56.
- Liu Shuwen, Pan Yuanming, Xie Qianli, et al. 2004a. Archean geodynamics in the Central Zone, North China Craton: constrains from geochemistry of two contrasting series of granitoids in the Fuping and Wutai complexes. Precambrian Research, 130: 229~249.
- Liu Shuwen, Pan Yuanming, Xie Qianli, et al. 2004b. Geochemistry of the paleoproterozoic Nanying gneisses in the Fuping complex: implications for the tectonic evolution of the Central Zone, North China Craton. Journal of Asian Earth Sciences (in press).
- Song Biao, Zhang Yuhai, Wan Yusheng, et al. 2002. Mount making and procedure of the SHRIMP dating. Geological Review, 48 (Supp.): 26~30 (in Chinese with English abstract).
- Sun Min, Guan Hong. 2001. Zircon U-Pb ages of the Fuping Complex and their implications: some comments on the geochronological study of the Precambrian high-grade metamorphic terranes. Acta Petrologica Sinica, 17(1): 145~156 (in Chinese with English abstract).
- Wang K Y, Li J L, Liu R Q. 1991. Petrogenesis of the Fuping grey gneisses. Sientia Geologica Sinica, 11(3): 254~267 (in Chinese with English abstract).
- Wang Qichao, Xiao Wenxian. 1996. Geological age and stratigraphical division of Fuping Supergroup in Taihang Mountains. Jour. Geol.

- & Min. Resources. North China, 11(3): 443~446 (in Chinese with English abstract).
- Wang Qichao, Zhao Yongli, Wang Qinting. 2001. Geological age and stratigraphical sequence of Fuping Supergroup in Taihang Mountains. *Journal of Stratigraphy*, 25(supp.): 391~397 (in Chinese with English abstract).
- Williams I S. 1998. U-Th-Pb geochronology by ion microprobe. In: Mickibben M A, Shanks W C, Ridley W I, eds. *Applications of Micro-analytical Techniques to Understanding Mineralizing Processes*. *Reviews Econ. Geol.*, 7: 1~35.
- Wu Changhua, Li huimin, Zhong Changting, Zuo Yicheng. 2000. TIMS U-Pb single zircon ages for the orthogneiss and paragneiss of Fuping Complex: Implications for existence of the palaeoproterozoic supracrustal rocks in the central basement of North China Craton. *Progress in Precambrian Research*, 23(3): 129~139 (in Chinese with English abstract).
- Wu Jiashan, Geng Yuansheng, Xu Huifen, et al. 1989. Metamorphic geology of the Fuping Group. In: *Bulletin of the Institute of Geology CAGS*, (19). Beijing: Geological Publishing House, 1~213 (in Chinese with English abstract).
- Yang Chonghui, Du lilin, Wan Yusheng, et al. 2004. SHRIMP U-Pb zircon chronology of tonalitic gneiss in Banqiaogou Area, Pingshan County. *Geological Journal of China Universities*, 10(4): 514~522 (in Chinese with English abstract).
- Zhao G C, Cawood P A, Wilde S A, et al. 2000a. Metamorphism of basement rock in the Central Zone of the North China Craton: Implications for Paleoproterozoic tectonic evolution. *Precambrian Research*, 103: 55~88.
- Zhao G C, Wilde S A, Cawood P A, Lu L Z. 2000b. Petrology and P-T path of the Fuping mafic granulites: implications for tectonic evolution of the central zone of the North China Craton. *J. Metamorphic Geol.*, 18: 375~391.
- Zhao G C. 2001. Palaeoproterozoic assembly of the North China Craton. *Rapid Communications*, 138(1): 1~5.
- Zhao G C, Wilde S A, Cawood P A, Sun M. 2002. SHRIMP U-Pb zircon ages of the Fuping complex: implications for Late Archean to Paleoproterozoic accretion and assembly of the North China Craton. *American Journal of Science*, 302(3): 191~226.
- Zhao G C, Sun M, Wilde S A. 2003. Major tectonic units of North China Craton and their Paleoproterozoic assembly. *Science in China (Ser. D)*, 46(1): 23~38.

SHRIMP U-Pb Geochronology Evidence for the Formation Time of the Wanzi Group at Pingshan County, Hebei Province

LI Jihong^{1,2)}, YANG Chonghui³⁾, DU Lilin³⁾, WAN Yusheng^{3,4)}, LIU Zengxiao⁵⁾

1) *School of Geosciences, Jilin University, Jilin, Changchun*, 130061; 2) *China Geological Survey, Beijing*, 100035

3) *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing*, 100037

4) *Beijing SHRIMP Laboratory, Beijing*, 100037

5) *Hebei Institute of Regional Geology and Mineral Resource Survey, Langfang, Hebei*, 065000

Abstract

In the Taihang Mountains, we separated a set of leucopelite, amphibolite, calc-silicate and marble assemblages from the old Fuping Group to set up the Wanzi Group, and studied the genesis and chronology of the zircons in leucopelite from the Wanzi Group in the Banqiaogou area, Pingshan County. The CL images reveal that prismatic and oscillatory-zoned zircons with $\text{Th}/\text{U} > 0.38$ are dominant in the leucopelite of the Wanzi Group and interpreted as detrital magmatic zircons with igneous rocks as their protoliths. The mean $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ age of 2536 ± 12 Ma is interpreted as the crystallization age of the igneous rocks contributing to the leucopelite and some zircons underwent anatexis at 2081 Ma. We thus infer that the Wanzi Group was formed in the Paleoproterozoic between 2.5 Ga and 2.1 Ga, and underwent anatexis at 2081 Ma, which produced widely distributed Paleoproterozoic kaligranite. This research provides significant chronological evidence for understanding the geological evolution of the Precambrian complex in the Taihang Mountains.

Key words: Taihang Mountains; Wanzi Group; SHRIMP chronology; anatexis