

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

吉林南部变质岩太古宙—元古宙分界时限的 确定及过渡性构造演化

孙忠实¹⁾ 邓军²⁾ 刘雅琴¹⁾

1) 长春科技大学, 130061; 2) 中国地质大学, 北京, 100083

内容提要 针对吉林南部古老岩石测年数据偏新和太古宙与元古宙之间分界时限的混乱, 本文运用 Sm-Nd 等时线法和锆石 U-Pb 法将吉林南部变质岩系划分为 4 个年龄段: 前阜平旋回 (>2600 Ma); 阜平旋回第一幕 (2600~2500 Ma); 阜平旋回第二幕 (2500~2400 Ma); 阜平旋回第三幕 (2400~2350 Ma)。阜平旋回第三幕归入太古宙并作为太古宙—元古宙之间分界时限, 吉林南部古陆构造环境由活动趋向于稳定, 新、老板块沟、弧、盆系统交替, 地壳隆起、剥蚀引起 K-Ar 年龄偏新。该过渡性构造环境和原 2500~2350 Ma 间地质事件归入太古宙将有助于加深对该区地壳演化、板石沟绿岩带铁矿及夹皮沟剪切带金矿化形成的认识。

关键词 变质岩系 太古宙—元古宙 分界时限 构造演化 吉林南部

从太古宙到元古宙是全球地壳构造史上一次重大的变革时期, 对二者分界时限的确定直接影响对地壳演化的认识和成矿地质背景的判别(陈晋镛, 1983; 劳秋元等, 1983; 陈衍景等, 1994; 胡学文等, 1996)。吉林省南部古老变质岩系测年数据(刘建民等, 1983; 中国科学院地球化学研究所, 1995;) 统计表明, 上壳岩系多数为 2000~1400 Ma, 少数为 2400~1700 Ma、2511 Ma、2831 Ma、3000~3405 Ma; 高级区花岗质岩石多数为 2000~1600 Ma, 少数为 2400~2600 Ma; 花岗岩—绿岩带为 2480~2585 Ma。这些老岩石被测定为新年龄和不统一的年龄不仅使太古宙与元古宙分界时限(2500 Ma)与许多地质事件不相吻合, 而且在对金、铁矿床建立模式等方面造成认识和应用上的混乱。究其原因主要有 3 点: 一是当时只把英云闪长岩作为高级区花岗质岩石的主要类型, 对其他主要岩石类型没有统一考虑; 层状岩系被划分为表壳岩系和绿岩带, 但两者相互关系不明确。二是运用 K-Ar 法测定老岩石年龄值偏新一直得不到更合理的解释。三是年龄数据在空间分布规律和反映过渡性构造环境的地质事件没有给予充分的注意(周世泰, 1983; 翟明国等, 1984; 南广鹏, 1988; 刘喜山等, 1992; 沈保丰等, 1993; 孙敏等, 1996; 刘永江等, 1997; 徐贵忠等, 1999)。为此, 本文以吉林板石沟地区近期研究成果和所测部分年龄为基础, 对上述太古宙—元古宙分界时限和过渡性构造演化等主要地质问题进行探讨。

1 地质背景

工作区位于吉林省通化地区中部, 属华北地台铁岭—靖宇隆起中段, 龙岗复式背斜核部及其南缘。北侧为龙岗复式背斜北缘和海西地槽区, 南侧为古元古代裂谷系(图 1)。

区内主要由一套太古宙上壳岩系和侵入岩系组成, 上壳岩系包括斜长角闪岩、磁铁石英岩和变粒岩等, 呈大、小不等包体分布于深成侵入岩系中。深成侵入体主要由早期英云闪长岩和

注: 本文为原地质矿产部重点基础科技(编号 95-02-013)和国土资源部变质动力开放实验室联合项目的部分成果。
本文 1999 年 4 月收到, 8 月改回, 郝梓国编辑。

晚期变黑云母钾长花岗岩组成,二者分布面积大,占总出露岩石面积的95%以上。由次生片麻状和条带状构造展示出卵形和线性相交织的图案,构成ENE向龙岗(山脉)克拉通总体构造框架。在北侧分布有夹皮沟剪切带型金矿化,南侧出露板石沟绿岩型铁矿。

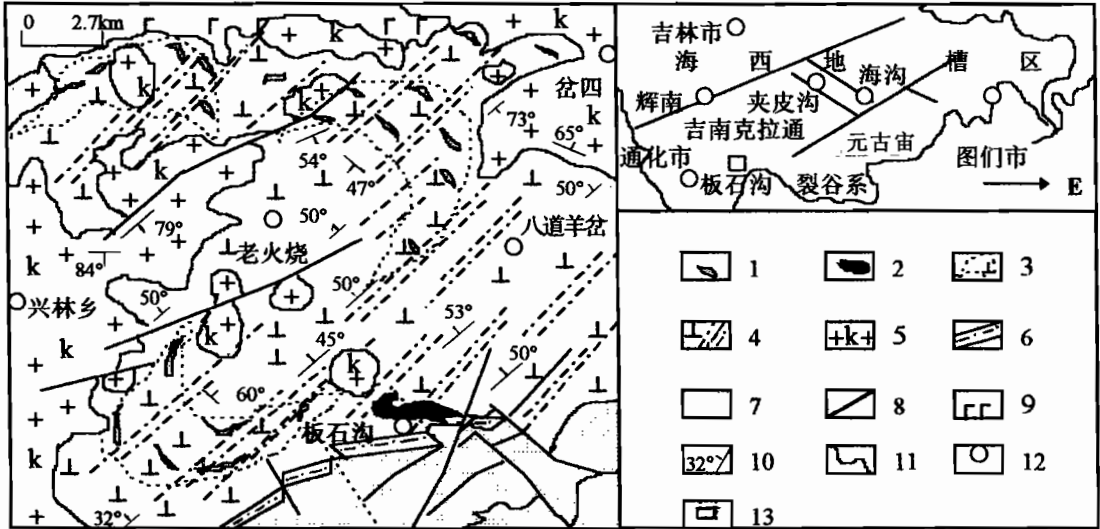


图1 吉林板石沟地区地质图

Fig. 1 The geological map in Banshigou area, Jilin Province

1—上壳岩包体;2—磁铁矿石英岩;3—卵形中粗粒英云闪长岩;4—中粒英云闪长岩角闪岩相线性韧变带;5—变黑云钾长花岗岩及角闪—绿片岩相韧变带;6—绿片岩相韧变带;7—古元古代盖层;8—中生代断裂;9—新生代玄武岩;10—韧性变形条带状产状;11—地质界线;12—地点;13—工作区位置

1—Inclusions of the supracrustal rocks;2—magnetite quartzite;3—ellipse oval tonalite of medium-coarse grained;4—linear ductile deformable zone of medium-grained tonalite and amphibolite facies;5—ductile deformable zone of metabiotite potash feldspar granite and amphibolite-greenschist facies;6—ductile deformable zone of greenschist facies;7—Paleoproterozoic cover strata;8—Mesozoic faults;9—Neozoic basalt;10—striped occurrence in ductile deformation;11—geological boundary line;12—place;13—working area location

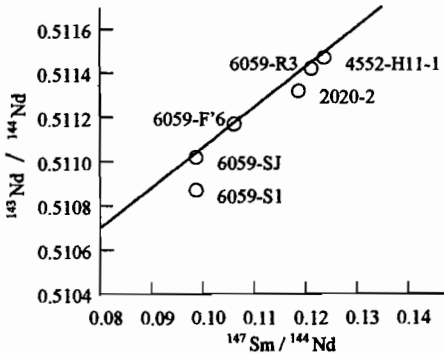


图2 变质上壳岩系 Sm-Nd 等时线图

Fig. 2 Sm-Nd isochron of metamorphic supracrust systems

2 同位素地质年代学研究

2.1 变质上壳岩系同位素年代测定

上壳岩系和绿岩带除变质作用程度有区别(前者为角闪岩相,后者为绿片岩相)外,二者岩石化学、稀土元素特征和形成构造环境完全类同,统称变质上壳岩系。因该岩系已遭受多期次变形变质作用的改造,所以同位素年代测试采用 Sm-Nd 等时线法。被测试的 6 件样品均取自板石沟铁矿变质上壳岩系,所有样品岩石新鲜,具典型变质矿物组合及结构构造特征,无蚀变及后期脆性构造破碎现象。相应的测试及计算结果见表 1 和图 2。其中 6059-S1(No. 5)、2020-2

(No. 6) 两点不在线上,其余 4 点形成一条等时线, $t = 2605 \pm 98 \text{ Ma}$, $I_{Nd} = 0.50933 \pm 7(2\sigma)$, $\epsilon_{Nd}(t) = 1.5 \pm 1.1$ 。计算的模式年龄见表 1,等时线年龄值 2605 Ma 代表本区上壳岩系角闪岩相

主期区域变质作用的年龄。

表 1 变质上壳岩系 Sm-Nd 年龄测试与计算结果

Table 1 Sm-Nd age-dating and calculating values in metamorphic supracrustal systems

No.	样品号	Sm($\times 10^{-6}$)	Nd($\times 10^{-6}$)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} \pm 2\sigma$	T_{CHUR}	T_{CDM10}	T_{DM12}	ϵ_{Nd}
1	6059-F'6	2.039	11.790	0.1046	0.511132 \pm 14	2483	2802	2859	-29.4
2	6059-R3	3.898	19.520	0.1208	0.511412 \pm 23	2454	2834	2900	-24.0
3	6059-SJ	1.917	11.947	0.09706	0.511002 \pm 13	2493	2790	2844	-32.0
4	4552-H11-1	3.050	14.939	0.1235	0.511456 \pm 13	2453	2845	2912	-23.1
5	6059-S1	4.118	25.122	0.09916	0.510856 \pm 14	2771	3032	3080	-34.8
6	2020-2	2.257	11.398	0.1198	0.511307 \pm 9	2628	2972	3033	-26.0

注:样品测定单位:地质矿产部地质研究所 Sm-Nd 实验室; $\lambda^{147}\text{Sm}=6.54 \times 10^{-12}\text{a}^{-1}$ 。样品名称:No.1—细粒黑云斜长片麻岩;No.2—细粒黑云角闪斜长片麻岩;No.3—细粒黑云斜长片麻岩;No.4—细粒黑云角闪斜长片麻岩;No.5—细粒角闪黑云片岩;No.6—石榴角闪黑云斜长片麻岩。

2.2 粗粒黑云长英片麻岩同位素年代测定

英云闪长岩经角闪岩相变质形成中粗粒黑云长英片麻岩,样品取自通化县兴林乡大荒沟西北采石场。岩石类型为粗粒角闪黑云斜长片麻岩,主要矿物组成斜长石 50%、普通角闪石 10%~15%、黑云母 10%~15%、石英 15%~20%。另含少量褐帘石、榍石、锆石、磷灰石及其他铁质不透明矿物。岩石新鲜,无次生蚀变,无钾长石类矿物,基本未受钾交代事件影响。年龄测试采用锆石 U-Pb 法,使用质谱计双带源逐层蒸发—沉积法所得 4 组单粒锆石的年龄值分别是 2557 Ma、2526 Ma、2523 Ma 和 2544 Ma,该组年龄值基本可代表黑云长英片麻岩主期区域变质作用的时间。测试数据和锆石形态描述见表 2。

表 2 黑云长英片麻岩锆石年龄测定与计算结果

Table 2 Acorite age-dating and calculating values of biotite felsite gneiss

No.	序号	组数	实测值			计算值		锆石描述
			$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}(2\sigma)$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}(2\sigma)$	$^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}(2\sigma)$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}(2\sigma)$	$t(\text{Ma})(2\sigma)$	
2	1	6	0.04692(12)	0.16200(30)	0.000060(8)	0.16178(14)	2557(3)	400 \times 200 μm \times 1 粒,紫色透明,见长柱状轮廓晶棱不清,少量裂纹表面有麻点,无包体
	2	5	0.1002(16)	0.16587(34)	0.000043(9)	0.16532(22)		
	3	5	0.1382(45)	0.16854(53)	0.000039(40)	0.16805(59)		
	4	7	0.1803(14)	0.17064(22)	0.000036(8)	0.17019(24)		
3	1	6	0.07362(62)	0.16426(65)	0.000083(11)	0.16321(65)	2526(4)	300 \times 200 μm \times 2 粒,浅紫色透明,见晶面晶棱裂纹和麻点少,无包体
	2	4	0.1544(11)	0.16742(40)	0.000048(27)	0.16682(36)		
	3	6	0.19329(48)	0.16730(14)	0.000105(22)	0.16598(29)		
4	1	5	0.11748(15)	0.1706(9)	0.00072(8)	0.161504(43)	2523(1)	500 \times 200 μm \times 1 粒,浅紫色半透明,见晶面晶棱,裂纹极少,无包体
	2	6	0.1434(15)	0.17023(47)	0.000437(24)	0.16473(46)		
	3	6	0.1808(17)	0.16948(46)	0.00024(24)	0.16647(14)		
5	1	5	0.1177(38)	0.16664(24)	0.000094(44)	0.16546(25)	2544(2)	400 \times 200 μm \times 1 粒,浅紫色透明,见晶面晶棱裂纹极少,无包体
	2	6	0.1357(13)	0.16748(29)	0.000110(15)	0.16610(26)		
	3	6	0.15826(31)	0.16898(24)	0.000116(39)	0.16753(17)		
	4	6	0.1953(17)	0.16940(21)	0.000060(8)	0.16865(17)		
	5	7	0.2108(14)	0.16967(25)	0.000091(53)	0.16853(23)		

注:由中国地质科学院地质研究所同位素实验室测定。

2.3 变黑云母钾长花岗岩同位素年代测定

除英云闪长岩外,变黑云母钾长花岗岩也是吉林南部克拉通主要组成部分,后者侵入前者接触关系清楚。岩石以细粒为主,稀疏的黑云母及部分长英质矿物定向略显片麻状构造,粒状变晶结构(或变余花岗岩结构),钾长石 40%~50%、斜长石 20%~25%、石英 20%~25%、黑云

母 2%，含少量锆石、电气石及铁质等副矿物。样品取自通化县兴林乡金家沟村北人工采石场，同位素年龄测试采用锆石 U-Pb 法进行，使用质谱计双带源逐层蒸发—沉积法所得 3 组单颗粒锆石的年龄值分别是 2369 Ma、2373 Ma 和 2398 Ma，该组年龄值可代表测区变黑云母钾长花岗岩形成并遭受区域变质改造的时间。测试数据及锆石形态描述见表 3。

表 3 变黑云母钾长花岗岩锆石年龄测定与计算结果

Table 3 Acorite age-dating and calculating values of metamorphic biotite potash feldspar granite

No.	序号	组数	实测值			计算值		锆石描述
			$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}(2\sigma)$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}(2\sigma)$	$^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}(2\sigma)$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}(2\sigma)$	$t(\text{Ma})(2\sigma)$	
2	1	6	0.05089(72)	0.15354(50)	0.000119(11)	0.15201(38)	2369(4)	100×240μm×3 粒，淡黄色透明 60×280μm×7 粒，半透明
3	1	6	0.0650(12)	0.15562(48)	0.000251(40)	0.15241(48)	2373(5)	
4	1	4	0.1089(15)	0.15502(69)	0.000589(40)	0.14747(30)		100×60μm×10 粒，紫色不透明 长柱状轮廓，棱角不清
4	2	6	0.08716(28)	0.15619(30)	0.000119(41)	0.15467(14)	2398(2)	

注：由中国地质科学院地质研究所同位素实验室测定。

3 讨论

3.1 年龄段的确立与对比

依吉林南部太古宙主要岩石形成时代的测定，大致可划分 4 个年龄段：大于 2600 Ma 前阜平旋回上壳岩系形成；2600~2500 Ma 阜平旋回第一幕中粗粒英云闪长岩形成；2500~2400 Ma 阜平旋回第二幕中粒英云闪长岩形成；2400~2350 Ma 阜平旋回第三幕细粒变黑云母钾长花岗岩形成。其中 2400 Ma 和 2350 Ma 两个年龄段之所以划入太古宙，主要理由基于两点：一是 2400 Ma 和 2500 Ma 两个年龄段地质事件的连续性和变黑云母钾长花岗岩并没有穿切到元古宙老岭群地层内(图 1)；二是世界各大陆地壳演化不是齐步进行而是穿时的。太古宙与元古宙的分界时限在苏联定在 2600 Ma，在中国定在 2600~2500 Ma，在加拿大和美国定在 2500 Ma，在非洲南部约 3000 Ma 开始产出“类似元古宙”的未变形盖层庞戈拉系的发现(B. F. 温得利, 1989; 陆松年, 1998)。因此，二者分界时限到底从何算起并无定论，主要还是取决于对各地古老岩系地质年代综合性研究进展。

3.2 年龄段移位的受控因素

热扰动和变质作用会使岩石年龄变新。这种解释对本工作区将太古宙与元古宙分界时限由 2500 Ma 移到 2400~2350 Ma 来说过于简单，还应考虑到其他方面的受控条件。

变形变质连续性演变对年龄段的移位。经 1:5 万地质填图和大比例尺剖面测制表明，从吉林南部克拉通中心向边缘依次由 2600~2500 Ma 中部地壳角闪岩相韧性变形，2500~2400 Ma 中—浅部地壳角闪绿片岩相韧性变形和 2400~2350 Ma 浅部地壳绿片岩相韧性变形等不同层次韧性剪切带组成。各自具特征性面状构造和显微变形组构，变质作用级别和温度逐渐由高到低，古应力由小到大(20.04~29MPa)，成因机制也是由早期压扁逐渐过渡到晚期单剪，明显反映出整个太古宙期间由深部地壳向浅部地壳的系统性变化。

隆起岩石被剥蚀对年龄段的移位。吉林南部龙岗古陆边缘太古宙岩石，有相当一部分 K-Ar 年龄范围介于 2000~1400 Ma 之间，显然与地质年龄不一致。根据冷却年龄理论(陈江峰等, 1993)和封闭温度(含钾矿物仅在温度降低至某一限度时才开始积累放射成因 Ar 和计时)，龙岗古陆边缘太古宙岩石 K-Ar 年龄普遍年轻则标志着岩石缓慢冷却的结果或代表元古宙隆起的历史。不仅在本工作区，甚至在中国大别造山带和加拿大南部格林维尔构造省(Haper, 1967; 陈江峰等, 1993)等都可以看到由于变质地块差异隆起而显示边缘年龄年轻，中

央较老的环带状分布。

3.3 构造环境过渡性演化

测区太古宙地壳演化大致可分早、中、晚 3 个阶段,构造环境分为 3 种过渡类型:

早期不稳定盆地向稳定盆地过渡阶段。在 2600 Ma 以前,本区形成了一套以玄武安山岩和英安岩双峰式火山建造为主的变质上壳岩系。依岩系 TFeO、SiO₂ 含量高和 Al₂O₃、K₂O、Na₂O 含量的不协调性,表明它们的原岩是以富铁贫铝的基性岩石为特征,主要来源于不稳定盆地内硬砂质沉积物。从火山活动间隙形成极少量含硼的钙镁硅酸盐沉积物,伴生的方解石和白云石富含 Sr²⁺、Ba²⁺、Mn²⁺,亏损¹⁸O、Na⁺并含有幔源的⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 和³⁴S/³²S 值来看,太古宙的大量海水是从同期玄武质洋壳中提取并逐渐有河水泄入过渡到稳定陆棚,从而体现出板石沟铁矿具有阿尔戈马型粗大条带和苏必利尔型细条带双重性,其中细条带是阿尔戈马型含铁建造形成的继续(彭润民等,1999)。

中期洋、陆交界部位向大陆边缘转化阶段。在 2600~2500 Ma 间,先后发生了大规模的深成英云闪长岩浆活动,经变质后又划分为无斑晶中粗粒富钠暗色黑云长英片麻岩和含斑晶中粒高铝浅色黑云长英片麻岩两种岩石类型。依据岩石化学和稀土元素特征前者形成于洋、陆交界部位;后者侵入前者深部导致原始地壳加厚,构成大陆边缘深成侵入体。

晚期活动大陆弧逐渐趋向于稳定阶段。2500~2300 Ma 间,区内发生变黑云母钾长花岗岩侵位,通过 Al₂O₃、SiO₂、FeO、MgO 及碱性组分特征综合分析属大陆弧花岗岩类,即大洋板块俯冲作用在大陆壳上所形成的岩浆弧岩石,随之同绿岩一起遭受角闪—绿片岩相韧性变形和绿片岩相脆性变形,金元素迁移、富集形成夹皮沟剪切带型金矿化和中—基性岩脉的贯入等(侯贵廷等,1998)与整个龙岗陆核不断增厚、抬升并逐渐向稳定刚性地块演化相对应。

4 结语

在吉林南部克拉通地区,太古宙与元古宙分界时限可初步确定在 2400~2350 Ma 之间,从岩石、变形变质和成矿等都反映出该时限内构造环境由活动向稳定过渡或转化,它不仅标志着古板块自身演化的全过程,而且也显示出新、老板块沟、弧、盆系统的交替,在此过程中地壳不断隆起、剥蚀,K-Ar 年龄偏新。隆起岩石南、北两侧原 2500~2350 Ma 间许多地质事件都可归入太古宙,并同过渡性地质背景一起将进一步加深对该区地壳演化和板石沟绿岩带铁矿及夹皮沟剪切带金矿化形成的认识。

参 考 文 献

- 陈晋毓. 1983. 中朝准地台中—末元古代地质演化的初步探讨. 地质论评, 29(1): 1~8.
- 陈江峰, 董树文, 邓衍尧等. 1993. 大别造山带钾氩年龄的解释—差异上升的地块. 地质论评, 39(1): 17~22.
- 陈衍景, 欧阳自远, 杨秋剑等. 1994. 关于太古宙—元古宙界线的新认识. 地质论评, 40(6): 483~488.
- 胡学文, 张江满, 权恒. 1996. 燕辽地区太古宙与下元古界间不整合面的发现及其意义. 地质论评, 42(3): 245~250.
- 侯贵廷, 张臣, 钱祥麟等. 1998. 华北克拉通中元古代基性岩墙群形成机制及构造应力场. 地质论评, 44(3): 309~314.
- 刘建民, 戴新义, 陈洪江. 1983. 吉林桦甸老金厂地区太古代麻粒岩相变质杂岩的岩石学特征及其时代讨论. 吉林地质, (1): 1~9.
- 劳秋元, 索书田, 谭宜佳. 1983. 中国的元古宙构造. 地质论评, 29(2): 111~120.
- 陆松年. 1998. 新元古时期 Rodinia 超大陆研究进展述评. 地质论评, 44(5): 489~495.
- 刘喜山, 金巍, 李树勋. 1992. 内蒙古中部早元古代造山事件中麻粒岩相低压变质作用. 地质学报, 66(3): 244~268.
- 刘永江, 李三忠, 杨振升. 1997. 华北地台东缘早元古代隆—滑构造模式. 地质论评, 43(6): 569~576.
- 南广鹏. 1988. 满洲里地区元古界的发现及其地质意义. 地质论评, 34(4): 384~385.

- 彭润民, 翟裕生, 邓军等. 1999. 内蒙古狼山—渣尔泰山中元古代 SEDEX 型矿带火山活动与成矿的关系. 地质论评, 45(增刊): 1139~1150.
- 沈保丰, 彭晓亮, 骆辉等. 1993. 中国太古宙绿岩带. 地质学报, 67(3): 208~220.
- 孙敏, 张立飞, 吴家弘. 1996. 早元古代宽甸杂岩的成因: 地球化学证据. 地质学报, 70(3): 207~222.
- 温得利 B F. 1989. 进化中的大陆. 北京: 中国地质大学出版社, 1~2.
- 徐贵忠, 王艺芬, 余宏全等. 1999. 华北克拉通西北缘中元古代火山岩特征与成矿作用. 地质论评, 45(增刊): 495~502.
- 中国科学院地球化学研究所编. 1995. 稀土元素地球化学专辑. 地质地球化学(增刊, 10): 1~3.
- 翟明国, 杨瑞英, 卢文江等. 1984. 清原太古代花岗岩-绿岩地体的常量和微量元素地球化学证据. 地质论评, 30(6): 523~534.
- 周世泰. 1983. 我国北方太古界绿岩带地层之对比及其中条带状铁矿之赋存规律. 地质论评, 29(5): 456.
- Haper C T. 1967. On the interpretation of potassium-argon ages from Precambrian shields and Phanerozoic orogens. Earth Planet. Sci. Lett., 3: 128~132.

Determination of the Archaean-Proterozoic Boundary for the Metamorphic Rocks and the Transitional Tectonic Evolution in Southern Jilin

Sun Zhongshi¹⁾ Deng Jun²⁾ Liu Yaqin¹⁾

1) Changchun University of Science and Technology, Changchun, 130061

2) China University of Geosciences, Beijing, 100083

Abstract

In consideration of the fact that previous age data of the old rocks in southern Jilin were somewhat too young, and there is some confusion concerning the boundary between the Archaean and the Proterozoic Eon, this paper, by using the Sm-Nd isochron and zircon U-Pb dating methods, divides the metamorphic rocks in this region into 4 intervals: the pre-Fuping cycle (before 2600 Ma), the first phase (2600~2500 Ma), the second phase (2500~2400 Ma) and the third phase (2400~2350 Ma) of the Fuping cycle. The third phase is classified into the Archaean and acting as the boundary between the Archaean and the Proterozoic. When the tectonic setting of the southern Jilin old land turned from active to stable, there occurred alternation of the trench-arc-basin system in the new and old plates, as well as crustal uplift and erosion, which resulted in the younger K-Ar ages. Therefore, to include the transitional tectonic setting and the geologic events occurring in the interval 2400~2350 Ma into the Archaean will be helpful to our understanding of the crustal evolution of this region, and the formation of the Banshigou greenstone belt iron deposit and the Jiapigou shear zone gold deposit.

Key words: metamorphic rocks; Archaean and Proterozoic boundary; tectonic evolution; southern Jilin

作者简介

孙忠实,男,1952年生。1980年毕业于长春地质学院普查专业,1988年和1995年分别获长春地质学院构造专业硕士学位和矿床专业博士学位。现为长春科技大学地球科学学院副教授。通讯地址:130061,吉林省长春市建设街79号,长春科技大学地球科学学院。