攀西地区的大地构造演化

——中元古和晚元古代的造山作用

从柏林　　张儒瑗

（中国科学院地质研究所，北京）

川西南攀枝花（渡口）-西昌地区（简称攀西地区），在地质构造上位于扬子微陆块的西南缘.该区基底岩系出露较好，矿产资源丰富，故深受前寒武系研究者的重视. 特别是近几年来，随着攀西古裂谷带地质和地球物理综合研究的进展，对该裂谷带前寒武纪基底的构造演化获得了一些新认识[1,2]. 多数研究者承认，早先所谓的"晋宁期或印支期的石英闪长岩和花岗岩带"的时代老于会理群，并是经受了中级（局部达高级）变质作用的杂岩带，与其伴生的是一套中-低级的结晶片岩. 然而，对前会理群的原岩建造和形成时代的认识不统一. 它们大致可分成两种截然不同的观点：一种观点将上述变质杂岩和结晶片岩统称康定群，时代为早元古代（甚至可能为太古代）. 该观点认为康定群的原岩建造是类似绿岩建造的火山沉积岩系，其生成环境为成熟岛弧或安第斯型活动大陆边缘[1)]. 另一种观点，即本文的观点，将在下面详述.

一、渡口杂岩

早先的所谓石英闪长岩和花岗岩实际上分别是斜长角闪片麻岩类（局部为辉石斜长麻粒岩）和花岗片麻岩，本文统称为渡口杂岩. 渡口杂岩的分布受走向为南北向的磨盘山-攀枝花和安宁河-普格达两断裂控制.

辉石斜长麻粒岩和斜长角闪片麻岩的化学成分非常接近（见表 1）. 计算表明，在以 10 个氧化物为坐标的 10 维空间中，平均的斜长角闪片麻岩和辉石斜长麻粒岩之间的欧氏距离（d）仅为 1.07. 野外和室内观察表明，两者在岩相学上为过渡关系. 它们的基本矿物组合是角闪石＋斜长石±紫苏辉石±单斜辉石±黑云母. 因此很难用混合岩化和地壳深熔作用来解释它们的成因. 从它们具有侵入体的形态和均一的化学成分可以推断它们是变质的深成岩体. 虽然角闪石是主要的造岩矿物，但是它们具有辉长岩质的化学成分. 根据标准矿物，它们应是淡色辉长岩-苏长岩质岩石. 而现存的矿物组合是本区最重要的一次区域变质作用的产物. 辉石出现与否，与基本为固态的重结晶过程中的 f_{H_2O} 和 f_{CO_2} 的差异有关[3]. 另外，在麻粒岩中存在角闪石交代辉石的退变质作用.

花岗片麻岩的平均化学成分也列于表 1. 根据 Or-Ab-An 图[4]，它们为英云闪长岩，奥长花岗岩和花岗岩. 它们普遍受到后来的钾质花岗岩熔体的贯入和改造，局部可成为花岗质混合岩.

为了确定渡口杂岩的形成时代，由于目前尚无可靠的野外地质依据，只好利用同位素测龄

本文 1986 年 7 月30日收到.

1）长春地质学院变质岩组（1985，未刊内部资料）.

表 1　渡口杂岩的平均化学成分（wt%）

序号	1(10)		2(17)		3(7)		4(6)		5(7)	
平均值	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S
SiO_2	52.88	1.01	52.92	3.83	73.27	1.46	74.47	0.77	68.45	1.81
TiO_2	0.96	0.23	1.09	0.29	0.20	0.11	0.26	0.11	0.47	0.26
Al_2O_3	17.97	0.83	17.98	1.01	13.55	0.83	13.79	0.63	15.57	0.48
FeO*	8.74	0.72	8.83	1.55	2.79	0.61	2.53	1.32	3.03	0.45
MnO	0.15	0.02	0.15	0.03	0.09	0.02	0.04	0.04	0.06	0.02
MgO	5.26	0.54	4.40	1.20	0.26	0.16	0.47	0.26	0.58	0.36
CaO	8.87	0.26	8.35	1.49	1.12	0.10	1.35	0.68	3.48	0.69
Na_2O	3.28	0.38	3.41	0.48	3.55	0.39	5.22	1.16	4.36	0.45
K_2O	0.51	0.15	0.80	0.49	4.58	0.65	1.45	0.43	1.92	0.66
P_2O_5	0.24	0.07	0.27	0.10	0.07	0.07	0.17	0.24	0.15	0.08

注：1.辉石斜长麻粒岩；2．角闪斜长片麻岩；3．花岗片麻岩；4.奥长花岗片麻岩；5.英云闪长片麻岩．括号中的数字为样品数；FeO* 为化作 FeO 的全铁量．

资料来推断．冕宁沙坝淡色辉长苏长岩质片麻岩的全岩 Rb—Sr 等时线示于图 1．等时线 I 引自袁海华等[1)]，其余的等时线由本文提供．如图 1 所示，等时线 II 和 III 的斜率近于相同，但小于等时线 I 的斜率．等时线 II（辉石斜长麻粒岩）给予的年龄为 1185±50 Ma，$(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ 为 0.70401；等时线 III（斜长角闪片麻岩）给予的年龄为 1088±44.7 Ma，$(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ 为 0.70373；等时线 I 给予的年龄为 2404.7±189.8 Ma，$(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ 为 0.70368．对于同一淡色辉长-苏长岩侵入体，笔者和袁海华等获得的全岩 Rb—Sr 等时线年龄竟差十余亿年．值得指出的是，构成等时线 I 的五个数据点，其最大 $^{87}Rb/^{86}Sr$ 值差仅为 0.036，而且其中四个数据点具有十分相近的 Sr 和 Rb 同位素比值．因此，等时线 I 可以被近似地视作为 $^{87}Rb/^{86}Sr$ 值相差甚小的两点等时线．这种等时线给出的年龄可信度不高．

为了确定渡口杂岩的形成时代，笔者还请孙贤钵博士在澳大利亚矿物资源、地质和地球物理局测定了冕宁沙坝麻粒岩的Sm-Nd模式年龄．他给予的数据如下：$^{143}Nd/^{144}Nd$，0.511545±10；$\varepsilon Nd_{(143)}$ 为−5.7±0.2；Nd 为 19.74 ppm，Sm 为 4.12 ppm，$^{147}Sm/^{144}Sm$ 为 0.12639．如果采用亏损地幔源（DM），以及其 $(^{143}Nd/^{144}Nd)^0_{DM}$ 为 0.512459 和 $(^{147}Sm/^{144}Nd)^0_{DM}=0.23$，则该麻粒岩的 Sm-Nd 模式年龄为 1462.8 Ma．从 εNd 为负值来看，该麻粒岩的母源成分或受过地壳物质混染，或来源于受过交代改造的壳下岩石圈．因此，孙贤钵（私人通信）认为该岩石的实际生成年龄应比测得的 Sm-Nd 模式年龄更年青些，很可能为 11±1 亿年．另外，上述麻粒岩的紫苏辉石 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 坪年龄为 1031.9±2.5 Ma[2)]．

渡口杂岩中采自米易垭口的花岗片麻岩之全岩 Rb—Sr 等时线也示于图 1．等时线IV 和 V 分别给予的年龄为 1007.2±20Ma 和 976.7±20Ma，$(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ 值分别为 0.70571 和 0.71720．高的 $(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ 值说明或为地壳成因或受到地壳物质的强烈混染．野外和岩相学观察表明，米易地区的花岗片麻岩普遍受到混合岩化作用．因此，它们的全岩 Rb—Sr 等时线记录的是混合岩化事件．

与渡口杂岩伴生的结晶片岩系，在这里被命名为米易群．其原岩建造是火山-沉积岩系．

1）袁海华等，康滇地轴基底时代的初步轮廓（1985，未刊稿）．

2）张儒瑗，见“攀西古裂谷的形成与演化”（从柏林主编），第一章第三节，科学出版社（出版中）．

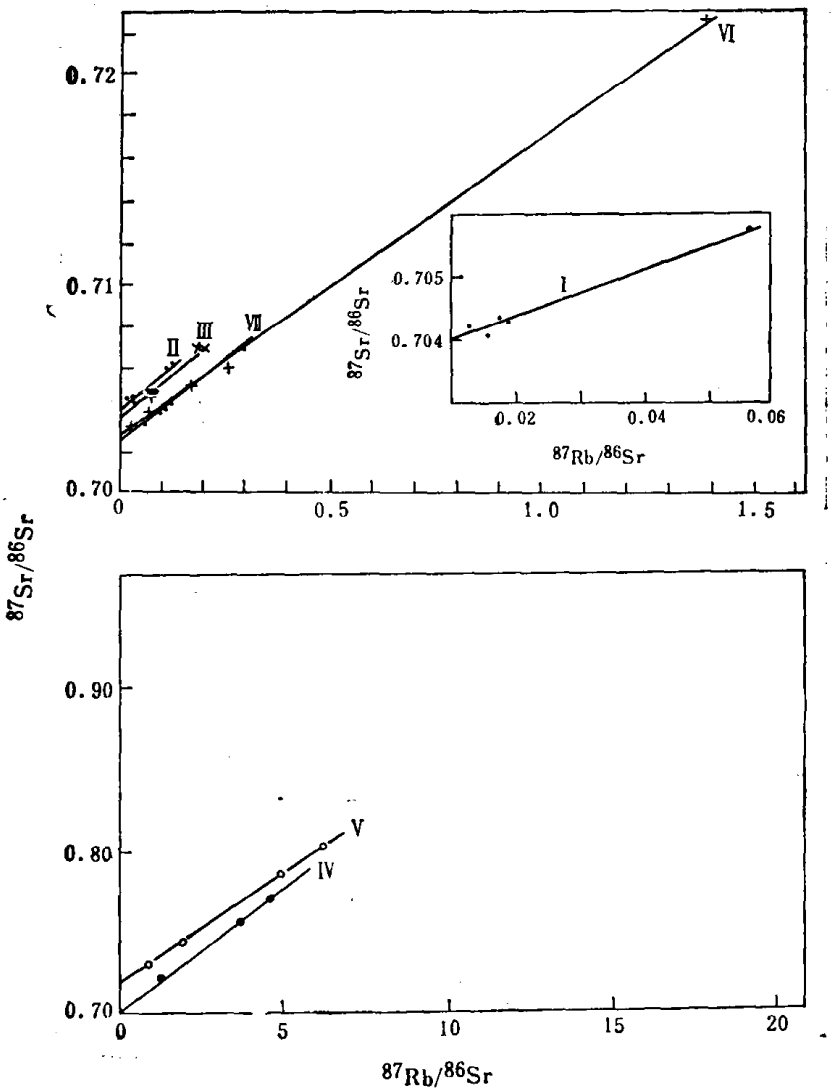


图 1　渡口杂岩的全岩 Rb-Sr 等时线（见正文）

野外观察表明，米易群被渡口杂岩的变辉长岩-苏长岩体侵入，并在米易花岗片麻岩中见有米易群岩石的残余体．为此可以推断米易群老于渡口杂岩．然而，米易群两条正片岩的全岩 Rb—Sr 等时线给予的年龄分别是 1033.4 和 1044.6 Ma，($^{87}Sr/^{86}Sr$)$_i$ 分别为 0.70265 和 0.70254（见图 1 中的等时线 VI 和 VII）．可以认为这些全岩 Rb—Sr 等时线年龄记录的是主变质事件年代，因为它们非常接近上述紫苏辉石的 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 坪年龄．

上述的同位素年龄资料表明，渡口杂岩的形成时代不老于 1200±100 Ma，与其伴生的米易群结晶片岩系的形成时代要更老些，但不可能老于中元古代．不整合复盖于渡口杂岩和米易群之上的晚元古代晚期地层（这里称之峡东群）基本未变质的事实表明，渡口杂岩和米易群形成后不久就受到了高度变质．其主变质事件（可能是最早的）发生于距今 1000±50 Ma．伴随强烈的变质作用，长英质地壳物质发生深熔作用，导至花岗片麻岩混合岩化．混合岩化花岗片麻岩的全岩 Rb—Sr 等时线年龄约为 1000 Ma 的事实，旁证了上述推断．对渡口杂岩的斜长角闪片麻岩还测得一些 900—770 Ma 的锆石 U-Pb 年龄，以及对冕宁杨秀花岗片麻岩中的角闪石还测得 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 坪年龄为 700 Ma 左右．这些同位素年龄可能记录了渡口杂岩的晋宁-澄江期变质事件．

米易群虽属火山-沉积成因，但它们的岩石组合和化学成分随地理位置而变化．渡口杂岩呈南北向延伸，主要分布于安宁河-普格达断裂以西地区，由淡色辉长苏长岩、英云闪长岩和奥长花岗岩组成，属钙碱性岩系．该类岩石组合是前寒武纪造山带的典型组合，可谓造山带变质核心杂岩[5]．与其伴生的米易群结晶片岩的原岩为岛弧拉斑玄武岩系以及少量的杂砂岩和长石砂岩．然而断裂带以东的渡口杂岩由混合花岗片麻岩和变辉长岩组成．与其伴生的米易群结晶片岩的原岩以泥质、钙质沉积物为主，其次是碱性玄武质岩石．

分布于安宁河-普格达断裂以东的会理群和分布于磨盘山-攀枝花断裂以西的盐边群，均为低级或非常低级变质的火山-沉积岩系．它们分别由裂陷槽和优地槽的岩石组合组成[6,7]．会理群上部变砂质岩(天宝山组)的全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 906.7±18.5 Ma[8]．盐边群下部的枕状玄武岩和会理群下部变钠质火山岩(即河口组)在岩石化学上，分别属都城秋穗所定义的岛弧拉斑玄武岩系和跨式B型碱性玄武岩系[9]．现有的全岩 Rb-Sr 等时线年龄彼此是吻合的，大约为 1000 Ma[6,7]．

原岩建造分析表明，前晋宁期(确切地说，相当于格林威尔期)的岩石组合形成于岩浆弧-沟系的地质环境．渡口杂岩是该岩浆弧的主体，其西侧的米易群和稍晚的盐边群形成于弧沟

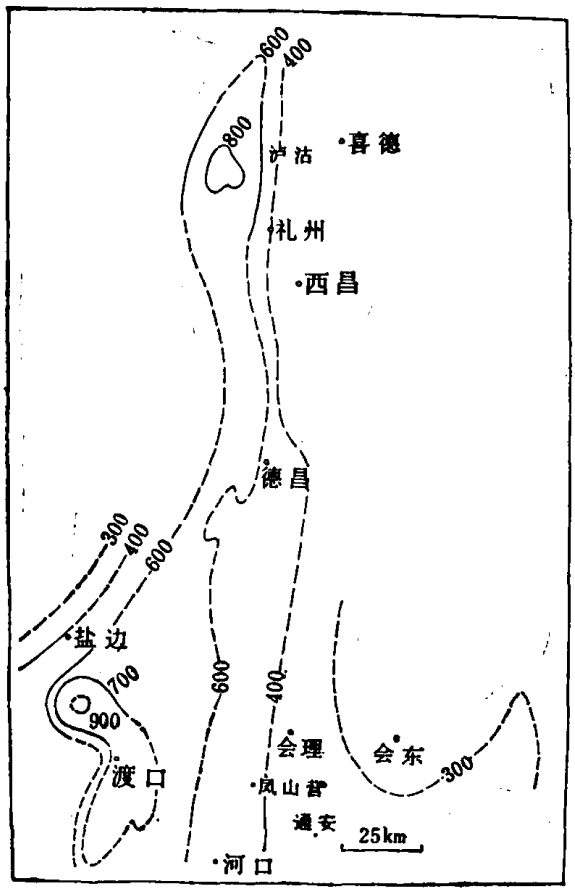


图 2　攀西地区前寒武纪等热图(℃)

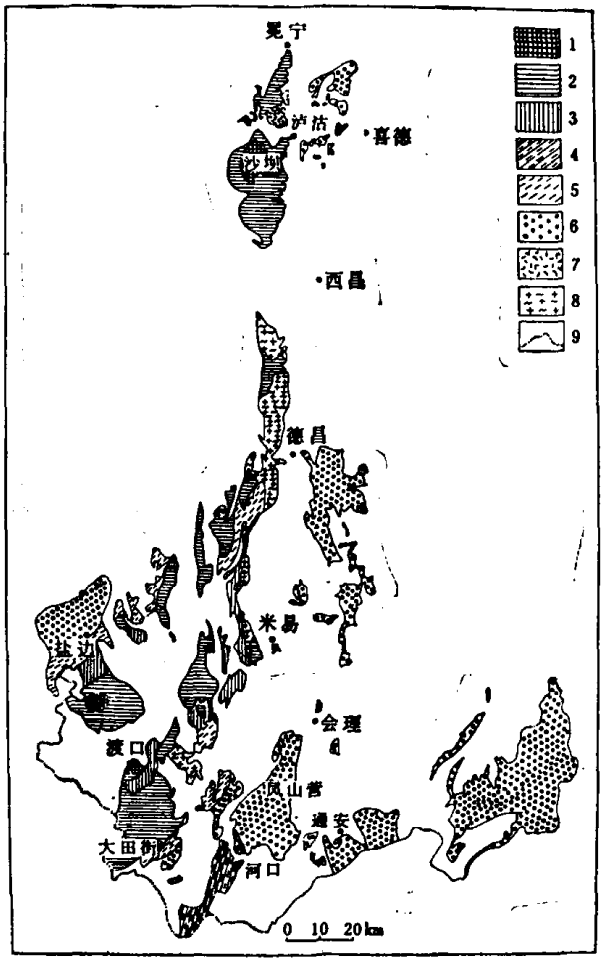


图 3　攀西地区前寒武系变质相图

1.麻粒岩相；2.角闪岩相；3.下部角闪岩相；4.绿片岩相，局部为下角角闪岩相；5.绿片岩相；6.绿片岩相及很低级变质作用；7.混合片麻岩；8.花岗片麻岩；9.省界．1、2、7 和 8 属渡口杂岩；3属米易群；4和 5 属早晚元古代变质岩系

间隙，而其东侧的米易群和稍晚的会理群形成于弧后张裂盆地．前晋宁期岩浆岩的微量元素地球化学和主要元素岩石化学研究表明，它们的源区是受来自消减带的流体改造过的地幔楔．它们的共同特征是相对富集大离子亲石元素（LIL），特别是 Ba，明显地亏损 Cr、Ni 和 Ti．这常常是新生代岛弧火山岩所具有的特征[10,11]．值得注意的是，在研究区至今还没有发现代表古洋壳残片的蛇绿岩套，也没有发现与渡口杂岩伴生的钙碱性火山岩系．前者可能被研究区西侧的三叠系推复体所掩埋了，后者可用该岩浆弧在晋宁期造山旋迴之后一直上隆，钙碱性火山岩系作为整体被剥蚀来解释．

古洋盆于晋宁-澄江期封闭．在此期间，岩浆弧和弧后盆地褶皱和变质，随后发生了大规模的壳源长英质岩浆侵入和火山活动．晋宁-澄江期深成岩浆活动形成了具 S 型和 I 型之间过渡类型的花岗质岩基，如摩挲营岩基和泸沽岩基．同期的火山活动产物是以长英质为主的钙碱性岩系（即开建桥组和苏雄组）．上述的花岗质岩基和钙碱性岩系主要产在安宁河-普格达断裂带东侧．

前寒武纪变质岩变质温度的分布揭示了造山带所特征的“热背斜”结构（图 2），其地理分布和前晋宁期岩浆弧相吻合．轴部达麻粒岩相，向两侧相继出现角闪岩相，绿片岩相以及更低级的变质作用（图 3）．该“热背斜”南宽北窄，等温面南深北浅．饶有兴趣的是，晚海西-印支期裂谷作用和深成岩浆活动大多沿该“热背斜”轴部发生．

总之，研究区前澄江期的历史记录了一个活动大陆边缘古造山带形成和演化的过程．它奠定了攀西地区地质发展的基础．

参　考　文　献

[1] 张云湘主编，中国攀西裂谷文集，地质出版社，1985.
[2] 张儒瑗、从柏林、杨瑞英，岩石学研究，第六辑，1985，13—32.
[3] Newton, R. C., Smith, J. V. and Windley, B. F., *Nature*, **288**(1980), 45—50.
[4] O'Connor, J. T., *US Geol. Surv. Prof. Pap.*, **525B** (1965), 79—84.
[5] Windley, B. F., *The Evolving Continents*, John Wiley & Sons, 1977.
[6] 李继亮，中国地质科学院院报，第 8 号，1984，21—36.
[7] 李继亮，两个元古代裂陷槽的细碧角斑岩系，岩石学研究，第一辑，1982，72—78.
[8] 吴根耀，攀西古裂谷的形成与演化（从柏林主编），科学出版社（出版中）.
[9] Miyashiro, A. K., *Contrib. Mineral. Petrol.*, **66**(1978), 91—104.
[10] Pearce, J. A., in *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks* (Ed. Thorpe R. S.), 1982, 525—548.
[11] Morris, J. D. and Hart, S. R., *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **47**(1983), 2015—2030.
[12] 刘鸿允主编，前寒武纪论文集，地质出版社，1983.