

扬子地块中寒武世古地磁新结果*

白立新^{①②} 吴汉宁^③ 朱日祥^① 郭 斌^① 吕建军^②

(①中国科学院地球物理研究所, 北京 100101; ②北京市地震局, 北京 100039; ③西北大学地质系, 西安 710069)

摘要 对采自四川北部旺苍-南江地区(32.14°N, 106.17°E)中寒武世陡坡寺组 12 个采点的 120 块定向标本进行的系统岩石磁学和古地磁研究表明: 紫红色细砂岩的剩磁方向表现为单分量($D = 29.3^\circ$, $I = -19.4^\circ$, $k = 283.7$, $\alpha_{95} = 7.3^\circ$), 所对应的古地磁极位置(39.5°N, 247.3°E, 置信椭圆为: $dp = 4.0^\circ$, $dm = 7.6^\circ$)与扬子地块晚二叠世极位置基本重合. 红色泥岩的剩磁方向由两个组分携带, 其中低温剩磁分量在地理坐标下与现代地磁场方向基本一致; 高温剩磁分量($D = 129.1^\circ$, $I = 23.6^\circ$, $k = 44.6$, $\alpha_{95} = 7.8^\circ$)可通过褶皱检验, 对应的古地磁极位置为 39.5°S, 185.1°E, (置信椭圆为: $dp = 4.4^\circ$, $dm = 8.3^\circ$), 我们认为扬子地块在中寒武世处在南半球低纬度地区.

关键词 扬子地块 古地磁 中寒武世

扬子地块作为中国大陆重要组成部分, 其大地构造演化是认识中国大陆乃至欧亚大陆形成的关键之一, 对扬子地块大地构造演化的研究具有极其重要的意义.

作为研究大地构造演化手段之一的古地磁学, 80 年代以来被中外学者用来研究扬子地块的大地构造演化, 特别是近年来对扬子地块做了大量的古地磁研究工作. 一般认为扬子地块在早古生代与冈瓦纳古陆存在较为密切的关系^[1,2], 但是并没有确凿的古地磁证据表明扬子地块属于冈瓦纳大陆. 另外到目前为止, 扬子与华北地块在早古生代期间的相互关系仍存在着争论^[3,4]. 通过对扬子和华北地块早古生代古地磁的研究, 可以对早古生代扬子地块的大地构造演化以及扬子与华北地块的相对位置提供宏观控制依据. 但由于重磁化等诸多因素的干扰, 扬子地块缺少一些关键地质时期的古地磁数据, 特别是缺乏早古生代古地磁数据, 造成对扬子地块早古生代古地理环境和大地构造演化、扬子与周边块体如华北地块在早古生代之间的相互关系在认识上存在着较大差异. 为此我们对扬子地块早古生代古地磁作了进一步研究, 本文报道扬子地块中寒武世古地磁的最新研究结果, 认为, 扬子地块在中寒武世位于南半球低纬度地区.

1 地质概况与采样

旺苍—南江地区位于扬子地块北缘, 北仓山台穹以南. 区内构造主要表现为—近东西向

短轴背斜。本区出露了早、中寒武世地层,呈近东西走向,缺失晚寒武世地层,中寒武统由陡坡寺组构成,上部为中层浅灰色白云质灰岩、砂质灰岩及细粒砂岩;下部为紫红色粉砂质泥岩夹浅灰色白云质灰岩及黄灰色泥岩。陡坡寺组地层内含 *Paragraulas. Kunmingensis*, *Chitidilla aff Palnaking. Kunningpis* sp. 等三叶虫化石¹⁾。本区于白垩纪末发生褶皱作用,陡坡寺组地层内断层不发育,原生构造保存完好。使用便携式岩石采样钻机采样,磁罗盘定向。在中寒武世陡坡寺组地层构成的背斜两翼岩层中共布置 12 个采点,采集定向标本 140 块。在室内加工成 160 块样品,其中 120 块用于剩磁方向测定,8 块样品用于岩石磁学研究。

2 古地磁结果

为了确定标本中载磁矿物类型,在巴黎地球物理研究所古地磁实验室进行了三轴饱和等温剩磁实验^[5]。图 1(a)为紫红色细砂岩标本的退磁结果,其中硬磁成分在 680℃ 时解阻;中等强度磁成分在 580℃ 解阻;软磁成分在 280℃ 解阻。以上结果表明紫红色细砂岩中载磁矿物主要为赤铁矿,并存在少量磁铁矿。至于在 280℃ 解阻的可能与岩石中存在少量的钛磁铁矿有关。图 1(b)为红色泥岩标本的退磁结果,硬磁成分在 680℃ 时解阻;中等强度磁成分在 680℃ 解阻;软磁成分在 580℃ 解阻,表明红色泥岩中载磁矿物主要为赤铁矿,存在少量磁铁矿。由此可见,上述两种岩石中的载磁矿物基本相同。

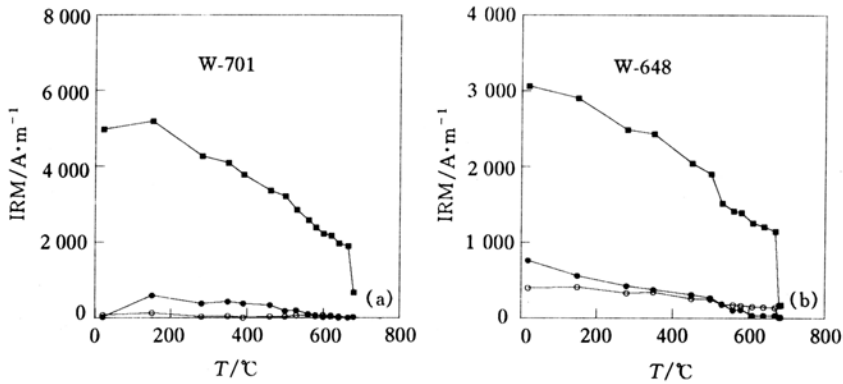


图 1 三轴磁化等温剩磁(IRM)的系统热退磁曲线

(a) 紫红色细砂岩(样品号: W-701); (b) 红色泥岩(样品号: W-648)。■, ●和○分别表示硬磁(1.2 T), 中等(0.4 T)和软磁成分(0.12 T)

标本的剩磁测试是使用中国科学院地球物理研究所古地磁实验室 2 G 超导岩石磁力仪完成的。由于标本的载磁矿物主要为赤铁矿,故使用热退磁方法对标本进行退磁处理。

退磁结果表明:绝大多数样品可分离出特征剩磁,依据剩磁特征可将中寒武世样品分为两类,其中紫红色细砂岩携带的剩磁方向,在低温阶段磁化方向变化较大,与岩石受到各种粘滞剩磁影响有关;高温阶段(100~680℃)磁化方向比较稳定,揭示出一北东方向、低负倾角的反极性分量(图 2(a)、(b)),此类标本约占测试标本总数的 25%,并均采用褶皱北翼。红色泥

1) 据四川省南江幅 1:200 000 地质图

岩携带的剩磁方向在不同退磁温度阶段变化比较复杂(2(c)、(d)), 剩余磁性基本由两个分量组成, 可分为低温分量($100\sim 520^{\circ}\text{C}$)和高温分量($520\sim 670^{\circ}\text{C}$), 低温剩磁分量在地层坐标下剩磁方向变化较大, 地理坐标下一般为近正北方向, 中-高正倾角; 高温剩磁分量为东南方向, 低负倾角, 这类标本约占测试标本总数的 75%.

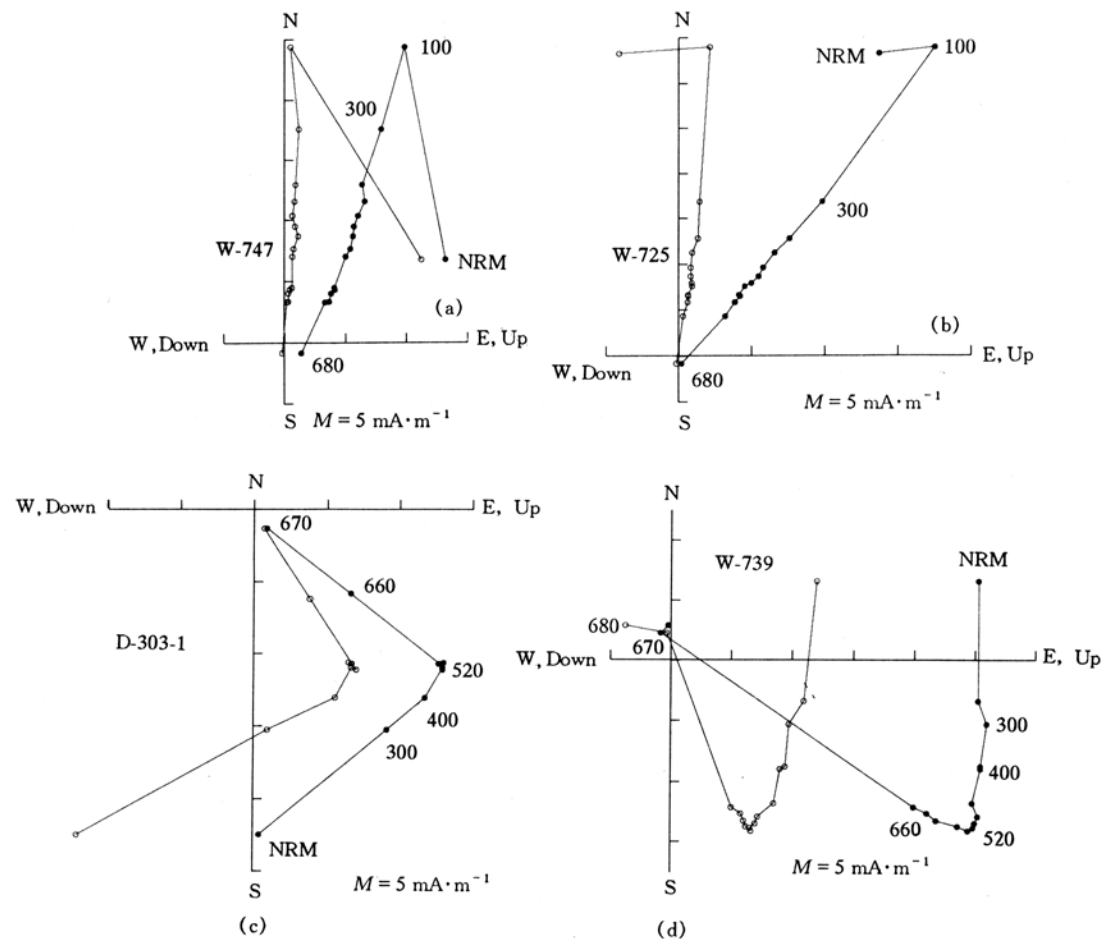


图2 中寒武世样品热退磁矢量图(地层坐标下正交投影图)

(a)和(b)为紫红色细砂岩的热退磁矢量图; (c)和(d)为红色泥岩的热退磁矢量图.

○代表水平分量, ●代表垂直分量

结合岩石磁学研究以及标本系统退磁结果我们可以看出, 红色泥岩中低温分量可能由磁铁矿携带, 而高温分量则由赤铁矿携带. 下面我们对标本的分量进行统计分析.

根据主向量分析求得每个标本的特征剩磁分量后, 以采点为单位对各类标本剩磁分量进行 Fisher 统计求得结果, 然后对各采点各个组分的磁化方向进行平均. 紫红色细砂岩标本平均磁化方向为: $D = 29.3^{\circ}$, $I = -19.4^{\circ}$, $k = 283.7$, $\alpha_{95} = 7.3^{\circ}$ (构造校正后, 表 1), 对应的极位置为: 39.5°N , 247.3°E (置信椭圆为: $dp = 4.0^{\circ}$, $dm = 7.6^{\circ}$), 由于这类采点均分布于褶皱北翼, 故未能对退磁结果进行褶皱检验. 可以看出由紫红色细砂岩标本的特征剩磁分量得出

表 1 四川省旺苍地区中寒武世紫红色细砂岩古地磁结果^{a)}

采点	走向/倾角	$n(N)$	D_g/I_g	D_s/I_s	k_s	α_{95}	极位置
34	279°/58°	6(10)	32.8°/33.9°	29.9°/-20.1°	23.7	14.1	-
35	262°/48°	9(10)	25.9°/23.4°	24.4°/-17.2°	23.0	11.0°	-
36	293°/45°	5(10)	33.9°/23.4°	33.7°/-20.8°	20.3	17.4°	-
平均	-	-	30.8°/26.9°	29.3°/-19.4°	283.7	7.3°	39.5°N, 247.3°E

a) n, N 为参加统计样品数和测量样品数, $D_g/I_g, D_s/I_s$ 构造校正前、后磁偏角和磁倾角, k_s, α_{95} , 构造校正后平均方向的 Fisher 精确参数和在 95% 水平的置信圆锥半顶角

的极位置与扬子地块晚二叠世极位置^[6]基本重合, 由于缺乏其它用来确定特征剩磁分量是次生抑或是原生分量的证据, 确定紫红色细砂岩标本的特征剩磁分量为二叠纪重磁化的结果, 似乎牵强一些, 但我们知道扬子地块晚二叠世发生了大规模的玄武岩喷发事件^[7], 而这次热事件则有可能造成了扬子地块古生代岩石发生了重磁化作用. 红色泥岩标本具有两个组分的剩磁分量, 其低温剩磁分量的平均剩磁方向为: $D = 7.5^\circ, I = 43.6^\circ, k = 103.6, \alpha_{95} = 5.5^\circ$ (地理坐标下), 构造校正后 $D = 16.6^\circ, I = 63.4^\circ, k = 2.5, \alpha_{95} = 44.9^\circ$ (表 2). 可以看出红色泥岩标本的低温剩磁分量方向 (地理坐标下) 与现代地磁场方向基本一致 (图 3), 本文采用 McElhinny 褶皱检验方法^[8]对红色泥岩标本的低温剩磁分量进行检验, 结果表明低温剩磁分量在

表 2 四川省旺苍地区中寒武世红色泥岩低温分量古地磁结果^{a)}

采点	走向/倾角	$n(N)$	D_g/I_g	D_s/I_s	k_s	α_{95}
37	258°/51°	9(10)	6.6°/39.0°	2.6°/-10.2°	45.6	7.7°
39	273°/49°	8(10)	12.9°/45.2°	10.2°/-4.0°	32.9	9.8°
40	272°/46°	8(10)	354°/45.8°	356.5°/-0.3°	65.1	6.9°
41	97°/52°	7(10)	12.0°/57.0°	179.9°/70.5°	5.0	30.1°
42	90°/57°	8(10)	12.2°/35.5°	107.0°/80°	3.1	38.2°
43	89°/55°	5(10)	4.0°/40.9°	146.9°/82.9°	4.1	43.2°
44	89°/55°	6(10)	13.2°/40.3°	118.4°/77.6°	4.2	37.0°
45	89°/55°	3(10)	5.3°/43.9°	152.6°/80.2°	5.3	57.9°
平均	-	-	7.5°/43.6°	16.6°/63.4°	2.5	44.9°

a) 说明同表 1

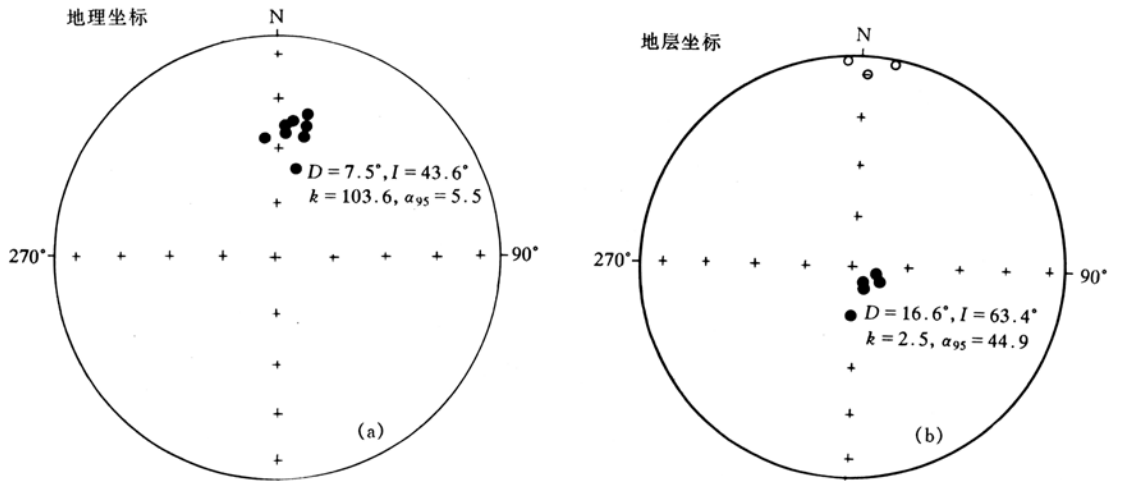


图 3 构造校正前(a)与构造校正后(b)标本低温分量等面积投影图

95%置信水平上未通过褶皱检验($k_s/k_g = 0.024 < F(14, 14) = 2.48$),说明红色泥岩的低温剩磁分量不是原生剩磁;红色泥岩高温分量的平均方向($D = 129.1^\circ$, $I = -23.6^\circ$, $k = 45.6$, $\alpha_{95} = 7.8^\circ$, 构造校正后,表3和图4)在99%置信水平上通过了褶皱检验($k_s/k_g = 8.92 > F(16, 16) = 3.37$).

表3 四川省旺苍地区中寒武世红色泥岩高温特征剩磁分量古地磁结果^{a)}

采点	走向/倾角	$n(N)$	D_g/I_g	D_s/I_s	k_s	α_{95}	极位置
37	258°/51°	9(10)	73°/-48.2°	117.3°/-31°	10.7	16.5°	-
39	273°/49°	8(10)	97°/-33.4°	122.3°/-18.9°	21.8	12.1°	-
40	272°/46°	8(10)	103°/-46.5°	134.8°/-23.9°	17.3	13.7°	-
41	97°/52°	9(10)	136°/26.1°	141.9°/-10.1°	30.5	9.5°	-
42	90°/57°	8(10)	122.4°/17.4°	123.5°/-15.0°	28.0	10.7°	-
43	89°/55°	8(10)	131.6°/13.5°	127.5°/-23.9°	15.9	14.3°	-
44	89°/55°	9(10)	141.8°/4.7°	129.9°/-37.1°	29.8	9.6°	-
45	89°/54°	8(10)	14.3°/5.4°	133.3°/-37.4°	21.7	12.2°	-
46	89°/55°	7(10)	126.9°/23.7°	131.0°/-13.4°	62.7	7.7°	-
平均	-	-	122.9°/-3.6°	129.1°/-23.6°	44.6	7.8°	39.5°S, 185.1°E

a) 说明同表1

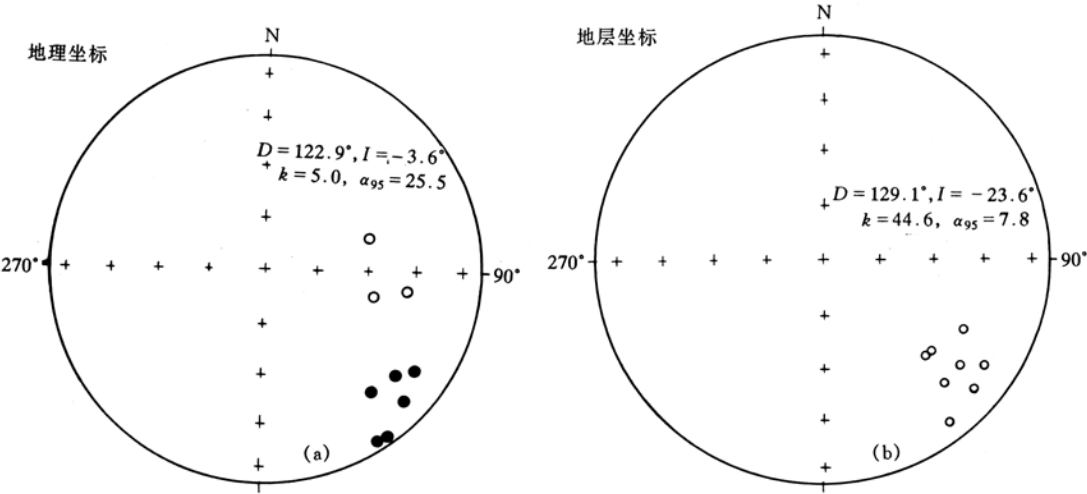


图4 构造校正前(a)与构造校正后(b)标本高温分量等面积投影图

由红色泥岩高温特征剩磁分量求得本地区中寒武世的古地磁极为: 39.5°S, 185.1°E, 置信椭圆为: $dp = 4.4^\circ$, $dm = 8.3^\circ$, 即中寒武世古地磁北极位于现今的南太平洋中.

古地磁研究目的之一是确定所研究块体的古纬度, 为此首先要确定当时地磁场的极性. 目前扬子地块寒武纪古地磁数据较少, 通过有限的数据很难对寒武纪的极性进行判断. 如果认为中寒武世古地磁场方向为正极性, 那么扬子地块在中寒武世则位于南半球低纬度地区; 反之, 扬子地块在中寒武世位于北半球低纬度地带. 根据建立视极移曲线遵循最短距离的原则, 当时地球磁场应该为正极性, 既扬子地块在中寒武世应该位于南半球低纬度地区.

3 讨论

扬子与华北地块在早古生代的相互关系一直为地学研究者所关注,将本文结果与华北地块中寒武世古地磁结果^[9]以凤州(34°N, 106.5°E)为参考点,分别计算扬子与华北地块中寒武世的古纬度为 13.3°S 和 16.3°S. 可以看出中寒武世华北地块也位于南半球,而且华北地块位于扬子地块之南. 另一方面,扬子与华北地块中寒武世的古地磁极存在较大差异,表明二者之间在中寒武世不可能为统一的块体. 本文获得的扬子地块中寒武世古地磁极为研究扬子地块古生代大地构造演化提供一“锚点”,同时也为进一步研究扬子地块在早古生代期间的大地构造演化特征以及扬子与华北地块在早古生代期间的相互关系提供一宏观的控制条件.

目前一些古地磁学者倾向于扬子地块在早古生代与冈瓦纳大陆邻近或是其一部分,一般认为冈瓦纳大陆在寒武-奥陶纪期间分布于南半球高纬度地带(西冈瓦纳)至北半球中纬度地带(东冈瓦纳)范围内. 西冈瓦纳大陆由一系列克拉通块体在 680~480 Ma 期间拼合而成的,而东冈瓦纳大陆为一统一的陆块^[10]. 澳大利亚北部 Amadeus 盆地中寒武世古地磁研究表明,澳大利亚中寒武世位于南半球,其古纬度为 12°S^[11]. 这表明扬子地块在中寒武世与澳大利亚处于同纬度地区,可能与冈瓦纳大陆关系密切.

致谢 本文得到马醒华、杨振宇、陈海泓、肖文交和黄宝春等先生的大力帮助,数据处理采用了 R J Enkin 博士提供的软件系统,在此深表谢意.

参 考 文 献

- 1 Lin J L, Fuller M, Zhang W Y. Paleogeography of the North and South China blocks during the Cambrian. *Journal of Geodynamics*, 1985, 2: 91~114
- 2 Nie Shangyou. Paleoclimatic and paleomagnetic constraints on the Paleozoic reconstructions of South China, North China and Tarim. *Tectonophysics*, 1991, 196: 279~308
- 3 翟永建,周桃秀. 华南和华北陆块在显生宙的古地磁及构造演化. *地球物理学报*, 1989, 32(3): 292~306
- 4 吴汉宁,常承法,刘 椿,等. 依据古地磁资料探讨华北和华南块体运动及其对秦岭造山带构造演化的影响. *地质科学*, 1990, (3): 201~213
- 5 Lowrie W. Identification of ferromagnetic minerals in a rock coercivity and unblocking temperature properties. *Geophys Res Letts*, 1990, 17(2): 159~162
- 6 Zhao X X, Coe R S. Paleomagnetic constraints on the collision and rotation of north and South China. *Nature*, 1987, 327(14): 142~144
- 7 从柏林主编. 攀西古裂谷的形成与演化. 北京: 科学出版社, 1988. 413~417
- 8 McElhinny M W. Statistical significance of the fold test in paleomagnetism. *Geophys J Roy Astron Soc*, 1964, 8: 338~340
- 9 杨振宇,马醒华,黄宝春,等. 华北地块显生宙古地磁视极移曲线与地块运动. *中国科学, D 辑, 古地磁学与构造物理学*. 1998, 28(增刊): 44~56
- 10 Torsvik T H, Smethurst M A, Meert J G, et al. Continental break-up and collision in the Neoproterozoic and Paleozoic—A tale of Baltica and Laurentia. *Earth-Science Reviews*, 1996, 40: 229~258
- 11 Klootwijk C T. Early Paleozoic paleromagnetism in Australia. *Tectonophysics*, 1980, 64: 249~332