

## 论层滑、倾滑和走滑断裂系统

孙 岩 李本亮 刘海龄 王心源

**摘 要：**中、下扬子区广为发育的前缘逆向倾滑，后缘正向倾滑和两侧为走滑断裂所限的薄皮层块构造，系挤压和拉张作用处于同一运动系统中，是由岩石的物质分层、能量分层和构造分层作用及层滑运动所致。地壳表、浅层分布的层块构造与深层的块片构造、地体构造和板块构造的倾滑、走滑机制是一致的，并与断裂力学中的滑开型、撕开型和位错构造中的刃型位错、螺型位错的力学机理和运动本质是相同的。

**关键词：**中、下扬子区；倾滑断裂；走滑断裂；层滑运动；层块构造

**中图分类号：**P542

**文献标识码：**A

## ON LAYER-SLIP, DIP-SLIP AND STRIKE-SLIP FAULT SYSTEMS

SUN Yan, LI Ben-liang, LIU Hai-ling, WANG Xing-yuan

(Department of Earth Sciences, State Key Laboratory of Mineral Deposit Resources,  
Nanjing University, Nanjing 210093, China)

**Abstract :** The thin-skinned layer-block structures confined by the reverse dip-slip fault in a leading edge, normal dip-slip fault in a back edge and strike-slip faults (lateral sinistral and/or dextral fault) widely developed in the middle-lower Yangtze River area, may result from layering of rock materials and energy, and structures as well as layer sliding.

The mechanism for the dip-slip and strike-slip in the layer-block structure in the shallow crust is similar to that in terrane and plate tectonics at depth, and to the origin of the slip-apart and tear-apart fractures in fracture mechanics and the knife-edge and helical dislocations in solid physics.

**Key words :** Middle-lower Yangtze River area; dip-slip fault; strike-slip fault; layer-block structure

### 1 层滑倾滑研究

具有层次结构的地质体在构造动力作用下，每每发生层间滑动。在层滑剪切中，挤压和拉张处于同一运动系统中<sup>[1~4]</sup>。广义讲层滑构造系指那些受岩层界限制约，在发育过程中其构造部位、形成时期和力学机制等有一定的区域特点，并同岩浆活动、变质作用和成矿机理(尤其是层控矿床)的发育有着内在联系，而本身往往也是区域性滑动(脱)层位的构造。

倾滑(dip slip)是相对走滑(strike slip)而言的。T.Uemura和S.Mizutai(1984)等许多学者将这两个名词相提并论。事实上,地块、岩块和层块运动,抑或块片(flake),盖层板块(capped plates)和岩石圈的滑动,尽管在几何学、运动学和动力学上可以找出许多差别,然而它们的滑动要素、滑脱机理和力学性质等方面基本上是一致的。即它们的底面均存在一个层滑滑动面,两侧都为走滑断裂所限(韧性与脆性有所不同),前后则是沿倾向方向滑动的(由顺层到切层)倾滑断裂。诚然,推覆和滑覆构造也均属倾滑范畴。从全球构造观之,若以其深度可划分为超地壳、地壳、基底和盖层四个层次,不论浅层或深层构造位,整体上均显示层块特征,故可谓层块构造。

层滑运动的研究由来已久,早在18世纪,H.B.de Saussure(1796)和G.Laument(1789)就描述了成层岩层的滑移现象(gliding of layers) [5]。到19世纪,A.Eseke(1846)发现阿尔卑斯推覆体,J.Evans(1866)提出层圈滑动,E.Suess(1866)系统分析滑动层位级次间的内在联系等 [4,5]。进入20世纪,从A.Wegener(1912,1915)的大陆漂移说到板块构造~地体构造~块片构造~伸展构造理论,同H.B.de Saussure的壳层滑移活动思想是一脉相承的。

## 2 浅层层块构造

以中、下扬子地区为例,浅层构造位不同规模的层滑、倾滑和走滑断裂系统所形成的层块构造如图1和图2所示:

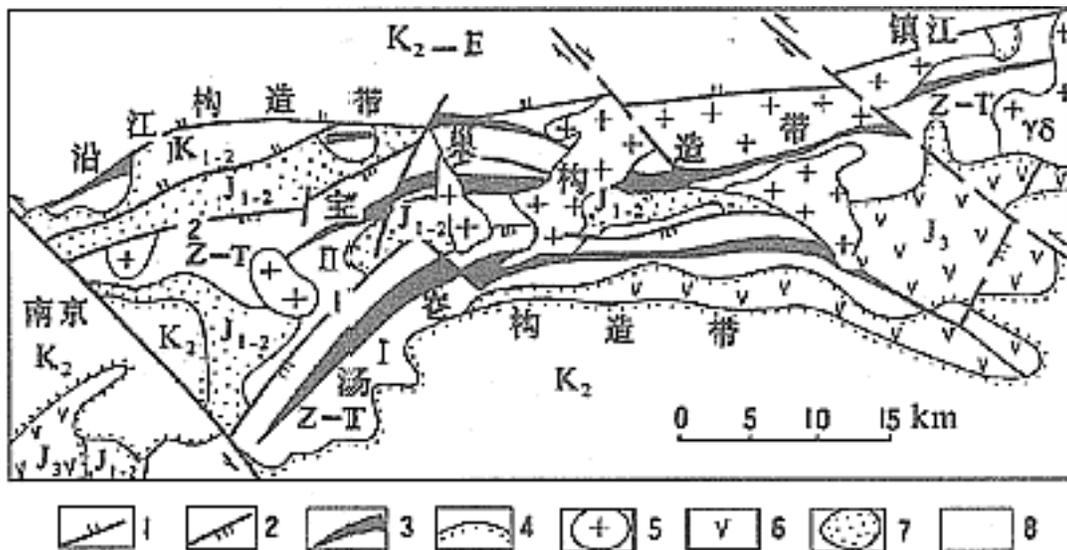


图1 江苏宁镇地区倾滑层块构造图

Fig.1 The structural map of the layer-block with the dip-slip from Nanjing to Zhenjiang area, Jiangsu Province

- 1.区域正向倾滑断层; 2.区域逆向倾滑断层; 3.褶皱构造带;
- 4.不整合界线; 5.花岗岩; 6.中酸性火山岩; 7.中、下侏罗统; 8.沉积岩区

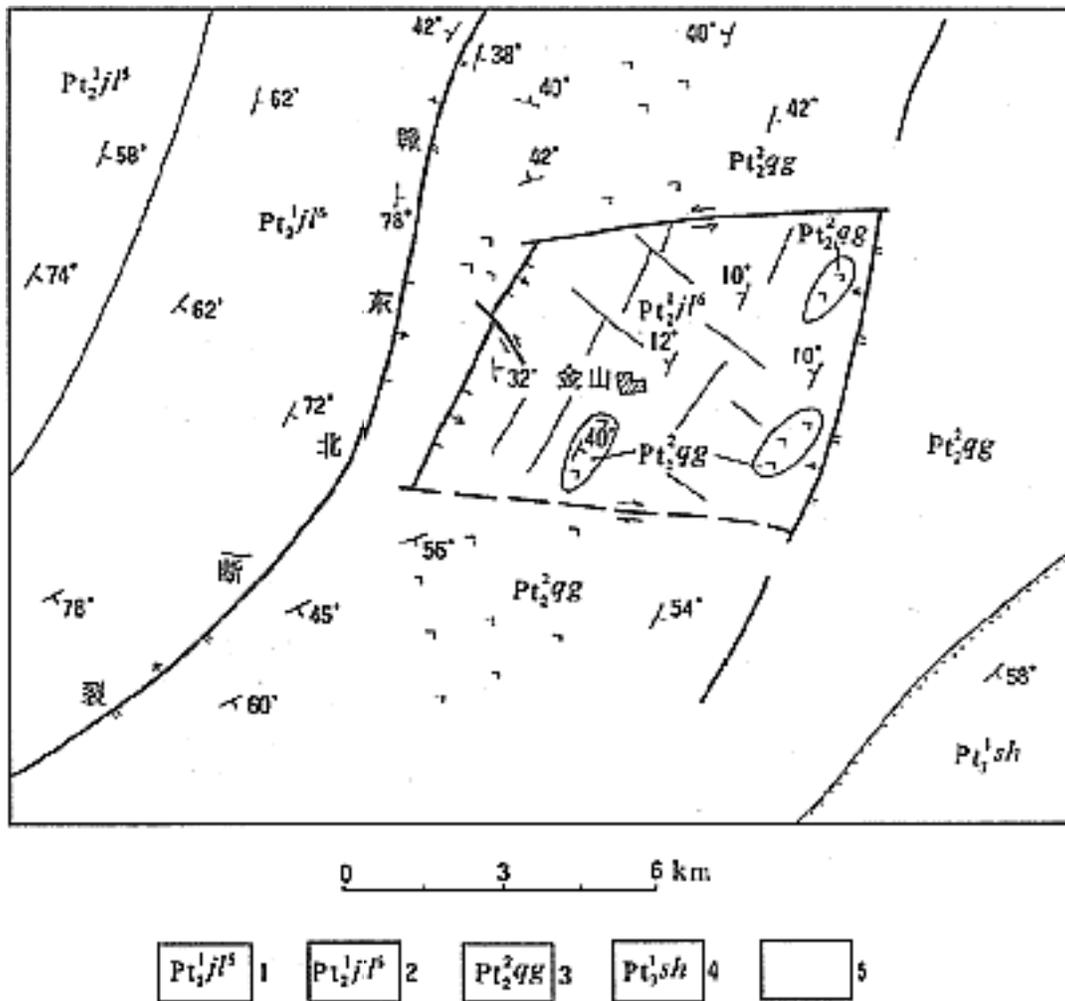


图2 江西德兴金山地区倾滑层块构造  
 Fig.2 Dipslip-layerblock struce tures in Dexing  
 Jinshan area, Jiangxi Province

- 1.中元古界九岭群第五岩组；2.中元古界九岭群第六岩组；
- 3.中元古界漆工群；4.上元古界上墅群；5.变质基性熔岩

图1示褶皱同期形成的韧性褶断滑移，其前缘显示凸出的弧形；而图2则示属于褶皱期后发育的脆性块断滑移，其后缘为明显的正向倾滑断层，不是和缓地挤压。不论是基底倾滑断裂系统(图2)或是盖层倾滑断裂系统(图1)均可综合归纳为岩板滑式 (gliding type of slab)(图2)；叠瓦滑脱式(detachment type of imbrication)(图1)和叠层倾滑式 (dip slip type of superiposition)。

同一层块的走滑断层可同方向滑动，然而切割的深度不一定相同，但必须达到或超过主滑脱面的深度。如图1中通过南京的NW向走滑断层比西边两条要深，现已为重磁资料和野外观察所证实。

### 3 构造分层作用

探讨中、下扬子区地壳浅层层滑构造深度层次或称构造位(structural level)的发展，需进一步研究在地壳物质分层、能量分层的基础之上发育起来的构造分层。从现代物

理学、弹性动力学和热平衡的观点出发，中、下扬子区的地球物理综合资料表明，其物质能量分层与热动力垂直分带性是相符的〔6〕。这也同笔者所提出的上地壳为碎裂流变变形层，中地壳为韧滑流变变形层和下地壳为粘滞流变变形层的看法相一致〔7〕。

前苏联学者 . . . . . 和 . . . . . (1985)据 . . . . . (1967)关于岩石圈侧向运动的观点所提出的“岩石圈的构造分层作用”(tectonic layering of the lithosphere)的理论〔8〕，是同扬子区纵深层次层滑运动的方式相一致的。即：(1)地壳上地幔的不连续性可表现在各自独立的、互不联系(unconnect)的变形，并存在着位置互换(reciprocally)运动。(2)岩石圈一些重要的全球性的特征是由于大规模构造分层作用的缘故，是特殊层次(即不同深度层位的层间滑移)变形的结果。

#### 4 倾滑走滑机理

层滑、倾滑和走滑现象，大到全球的圈层构造，小到晶面滑动甚至晶内位错的滑移，从分层结构、分层滑脱现象观察，其滑动的机理存在着共性〔9, 10〕(表1)。

(1)倾滑断裂系是指断层运动方向垂直于断层线，平行其倾向方向；而走滑断裂系的断层运动方向则平行于断层线。

(2)滑开型(slipping type)( 型)是指块体运动方向垂直于破裂线(图3)；撕开型(tear type)( 型)是指块体运动方向平行于破裂线〔11〕。

表1 不同学科的构造类型和滑动类别

Table 1 Tectonic types and slipping kinds of different research subjects

学 科	构造类别	滑 动 类 型	
		倾 滑	走 滑
地质学	板块构造	B型和A型俯冲，洋中脊扩张	转换断层
	地质构造	压性断层，平逆、逆冲断层，正断层，推覆、滑覆构造	扭性断层，横推断层，平移断层
断裂力学	破裂构造	滑开型( 型)	撕开型( 型)
物理学	位错构造	刃性位错	螺型位错

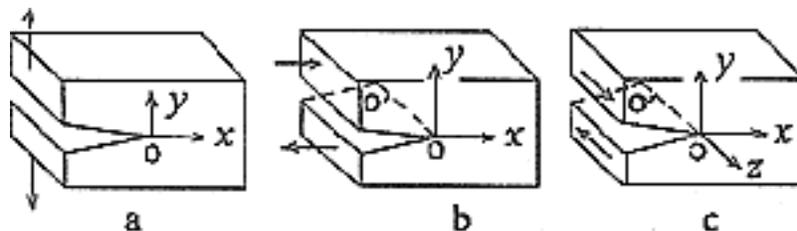


图3 断裂力学的破裂类型

Fig.3 Fracture types for the fracture mechanics  
a.张开型( 型); b.滑开型( 型); c.撕开型( 型);  
x、y、z.坐标轴; 箭头示运动方向

(3)刃型位错(dislocation of edge type)系指布格(Burgers)矢量垂直于位错线(图4); 螺型位错(dislocation of screw type)系指伯格(Burgers)矢量平行位错线 [ 12 ]。

由上述不难看出, 倾滑、走滑运动反映物体(物质)从宏观到微观力学机理的统一性, 运动本质的一致性。

再者, 既然刃型、螺型位错分别属于倾滑、走滑运动类型, 那么反过来倾滑和走滑断裂带采取样品, 可否测出相符的位错类型呢? 我们在江苏连云港变质岩区逆向倾滑断裂带(元古界锦屏组云母片岩, 产状 $N52^{\circ}E/SE 12^{\circ}$ )中, 采取石英晶体样品, 与南京大学物理系胡梅生副教授共同测量, 结果表明, 4个实测样全为刃型位错类型。此项结果已引起固体物理学家的高度重视, 并列入进一步研究计划之中。无疑, 断裂力学机理将在固体物理学上会有新的揭示, 宏观和微型研究可以相互促进。

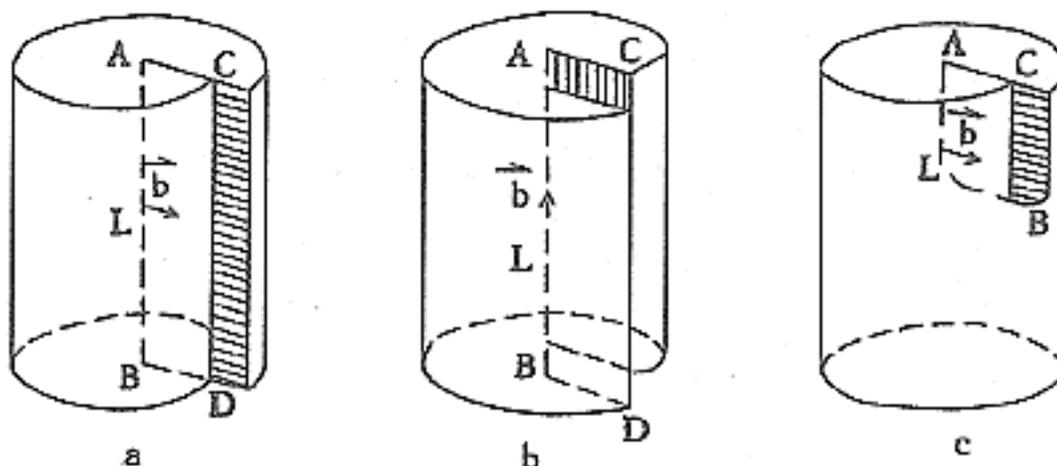


图4 固体物理学的位错类型

Fig.4 Dislocation types for the solid physics

a.刃型位错; b.螺型位错; c.混合型位错; b • .Burgers矢量; 箭头示运动方向

基金项目: 地质力学开放研究实验室和西南石油学院油气开发重点实验室项目

作者简介: 孙 岩(1937—), 男, 教授, 博士生导师, 长期从事显微构造、断裂构造和区域构造教学与研究。现任中国元素地球化学和中国显微构造专业委员会委员。

熊斌辉, 连云港变质岩区韧性倾滑断裂带. 南京大学地球科学系研究生论文, 1987.

作者单位: 南京大学地球科学系成矿机制研究国家重点实验室, 南京 210093

## 参考文献

- [ 1 ] 李四光.地质力学概论 [ M ] .北京：科学出版社，1973.
- [ 2 ] 张文佑.断块构造导论 [ M ] .北京：石油工业出版社，1984.87 ~ 157.
- [ 3 ] 孙 岩，沈修志，等.层滑断裂与层控矿床 [ J ] .地质论评，1984(5)，430 ~ 436.
- [ 4 ] 孙 岩.块片构造与薄皮构造 [ A ] .陈述彭主编.地球系统科学 [ C ] .北京：中国科学技术出版社，1998.324 ~ 325.
- [ 5 ] Miyashiro A.Orogeny [ C ] .John Willey & Sons.Chichester New York Brisbane Toronto Singapore,1982.1 ~ 48.
- [ 6 ] Uemura T.Geological Structures [ C ] .John Willey & Sons.Clichester New York Brisbane Toronto Singapore,1984.263 ~ 299.
- [ 7 ] Sun Yan et al..Study on the Ductile Deformation Domain of the Simple Shear in Rork [ J ] .Science in China(Series B),1992,35,1512 ~ 1520.
- [ 8 ] Ruzhentsev S V.Tectonic Lagering of the Lithosphere [ J ] .Episodes,1985,7:44 ~ 48.
- [ 9 ] Wiens D A,Sliding Skis and Slipping Faults [ J ] .Nature,1998,279 : 824 ~ 825.
- [ 10 ] Passchier C.W,Trouw R A J.Micro-tectouics [ M ] .Springer-verlage Berlin Heidelberg,1996 , 269.
- [ 11 ] 王 锋.断裂力学 [ M ] .广西：广西人民出版社，1982.21 ~ 36.
- [ 12 ] Friedel J著，王煜译.位错 [ M ] .北京：科学出版社，1980.25 ~ 89.

收稿日期：1999-07-20