

# 淮南连锁逆冲断层体系变形分析

朱宗沛

(合肥工业大学地质系 230009)

柴明理

(淮南矿业学院地质系, 淮南 232000)

淮南一系列走向近东西、南倾逆掩的逆冲断层, 断面均下延至一个近水平拆离滑脱面, 构成连锁冲断体系。连锁冲断体系的拉伸率(或收缩率)与拆离面以上冲断层的相对扩展速率、相对滑动速率和切入深度间, 存在特定的函数关系。虽然目前难以求得数值特解, 但可用图解表示岩席应变状况、构造变形特点, 估算拆离滑脱带最大埋深和计算盖层的绝对缩短量。研究拆离滑脱面以上岩席体收缩率变化, 还可表示断面扩展形式与岩石力学性质的关系, 从而阐明淮南连锁冲断体系的区域构造意义。

关键词 连锁冲断体系 位移-距离图 平均拉伸率 构造拆离滑脱 地台活化

第一作者简介 朱宗沛 男 53岁 副教授 构造地质

## 引 言

十年来学者们对华北地台南部构造多有开拓性研究。推覆构造的发现, 在认识上是一大突破。本文根据煤矿揭露或验证资料(张光炳, 1981), 对区内冲断系统变形规律、应变状况作深入探讨。力求揭示大陆中、上部地壳拆离滑脱作用与连锁冲断体系的关系。为此运用断层位移-距离曲线(J. T. Chapman and C. D. Williams, 1984)分析舜耕山-潘集连锁逆冲体系的构造特征。拟对地台前缘中生代地壳强烈活化, 增加一个认识侧面。

研究表明, 该区盖层缩短量为12%, 与复原剖面的量值差2.3%, 原因是前者以平行断层底板方向计算缩短量, 后者则以平行层理计算。美国兰岭冲断带测得平均缩短率为39%(J. T. Chapman and C. D. Williams, 1984), 与复原剖面值差4%, 和该区情形较相近。不过兰岭冲断规模大, 应变强烈得多。因此淮南大为逊色。

## 一、淮南冲断体系构造特征

舜耕山逆掩断层、阜-凤逆冲断层、潘集逆冲断层构造性质相同, 呈叠瓦状结构, 铲型断面南倾, 延到地下3.2~4km 归并于一个近水平拆离滑脱面(图1)。依据Chapman(1984)定义, 可描述为连锁逆冲断层体系。北侧平峨山冲断层带与其对峙, 呈对冲结构而限制该体系向北扩展。主要构造特点为:

1. 体系内断面沿走向、倾向均有变化,与 Rich(1934), Royse(1975), Elliott(1977), Johnson(1980)确立的“冲断作用规则”相背,并非阶梯状断面,构成空间曲面—舒缓波状面,宏观上的铲型断面。断裂带内可分为断层泥带;透镜体或大型构造岩块带;滑劈理带(多在前寒武系内);或碎裂带;破劈理带。随断面地下切下深度加大,岩石由脆性变形向脆-韧性变形过渡。因此舜耕山断层还有构造磨砾岩产出。至今仍未发现灰岩糜棱岩。

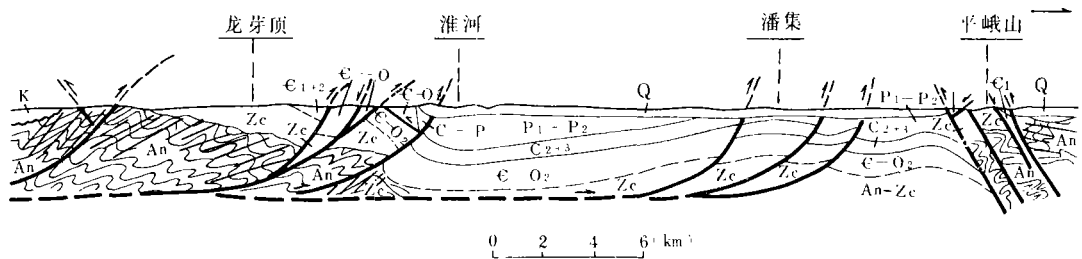


图1 龙芽顶—平峨山构造剖面

(据淮南矿务局资料,并作补充和稍加修改)

2. 主断面下伏系统均为斜歪—倒转向斜,轴面劈理产状优势方位:  $197^{\circ} \angle 38 \sim 51^{\circ}$ 。向斜倒转翼新增空间,由不协调褶皱或肠状褶皱或折劈带或微断片填补(图1,图4a)。这是双向压缩韧性变形在底板附近不断迁移的表现。

3. 上覆系统一般由陡倾—直立单斜或倒转背斜或平卧—斜卧复杂背、向斜褶皱组成。小型褶皱  $\beta$  组构优势方位  $268^{\circ} \angle 4 \sim 8^{\circ}$ (仍 B 型褶皱)并伴有滑劈理,极点优势方位  $19^{\circ} \angle 45 \sim 55^{\circ}$ ,交面线理与拉伸线理近于直交。主断面附近还可发育“y”型背冲断层或“y”型—逆—正左旋断层。某些地区也发育与主断面交锐角斜向冲断层。背向倾斜高角度逆冲,呈顺倾向的反地堑结构。次级断面均终止于主断面,堑内夹块一致冲向北侧主断面,出现直立岩带等。因此具有走向上变形转换断层性质。直接原因是受制于复杂曲形断面,沿主断面走向上盘滑动速率变化的结果。这一现象与 Wiltshko(1981)实验结果颇相似。主断面附近软硬相间岩层内极薄软弱夹层,因层间定向稳定滑动产生限制性压缩变形,发育  $\alpha$  型被动微褶皱。 $\beta$  组构优势方位  $195^{\circ}$  或  $20^{\circ}$ ,倾角受地层制约,但与层面交角小于  $10^{\circ}$ ,仍不失反映连锁体系内席体缩短轴向。

4. 中间岩席发育与主断裂平行的次级冲断层,在八公山—风台之间尤为明显。限于主断面以上发育对冲反地堑组合。北侧断层带附近软弱夹层内也发育  $\alpha$  型微褶皱, $\beta$  组构极密点  $15^{\circ} \angle 40^{\circ}$  与地层倾向左旋偏移约  $10^{\circ}$ ;南侧断层擦线极点极密  $174^{\circ} \angle 19^{\circ} 28'$  与缩短轴右旋偏移约  $20^{\circ}$ 。反映主断面具有右旋特点,使中间断块滑移方向与缩短轴向偏离,最终产生八公山右旋张性旋扭构造(张光炳,1981)。由于东侧左旋走滑断层作为一级转换边界,使旋扭构造展布范围极有限。

5. 以往揭露的  $3 \sim 5^{\circ}$  断面仅限于 1km 以内,能否视为拆离面呢? 从下盘褶皱特点和上推地表的变质基底岩块看,并无明显的动力韧性变形,不具有基底拆离带变形特征。断面扩展

前锋韧性变形缘(Elliott, 1976)或层间局部韧性变形不可与拆离滑脱面变形等同视之。因此以往认定的近水平断面或是主断面沿倾向平滑区段或为支断面。

淮南地区自刘老碑组以上古生代盖层厚度大于 3000m,刘老碑组上部有厚 100m 页岩,是一个明显低速、低阻、高韧性层带。地震剖面反映出相对应的界面。阜-凤断层至平峨山南地下 3.2~4.0km 处的近水平滑脱带确与其相吻合(图 1)。淮南唐山以东证实该带延至舜耕山断层之下。根据周围深孔和区域重磁资料综合分析,淮南地区地下 3km 附近,存在近水平物性界面(刘德良等,1981;张光炳,1981)<sup>①</sup>。西部霍丘深孔揭露结晶基底内的糜棱岩带也可佐证。估计向南延向地下大于 5km。在刘老碑组页岩上滑脱是否可视为重力滑动构造呢?舜耕山断层以南大陆基底上部岩块已被上推(图 1、图 5;张光炳,1981)这是重力构造不可思议之处。所以淮南连锁逆冲断层体系可以在相当丰富的实践性地质资料基础上确立。

6. 淮南盖层构造具有隔槽式褶皱-冲断薄皮构造变形特色。它与冲断层系的主扩展期,断面扩展前锋始终存在韧性变形缘,随褶皱-冲断的发展而不断迁移有关。稳定褶皱变形自南而北趋于明显,相反脆性破坏程度减弱,反映构造应力自南而北推挤,而盖层缩短速度应比基底缩短速度慢。张光炳(1981)曾指出舜耕山断层水平滑移分量可达 5km,与其相适应的基底缩短速度更为可观。然而北侧断层却没有将基底岩块上推的迹象。这也构成淮南地区基底构造的特殊性。

## 二、淮南连锁冲断体系应变分析

该区构造特征表明连锁冲断体系的形成,基于基底拆离滑脱(成因机制更复杂),使盖层受强烈的水平压缩、弯曲作用。通过褶皱-冲断,沿主断面剪切滑移(Hossako 1983 年称为 Somicliana 位错),使盖层褶皱、叠覆面缩短。不难理解形成机制是简单剪切应变,在等体积应变时又可简化为二维有限应变。根据断层位移-距离图、连锁体系累计位移-距离曲线和应变常数分析,淮南连锁冲断体系构造应变特点为:

1. 连锁冲断体系内的逆冲断层相对拉伸率( $\epsilon_r$ )0.5~1.0 之间(表 1)。根据 Chapman, Williams(1984)对褶皱-逆冲断层变形型式分类(图 2),该区构造含 I 类至 III 类。舜耕山断层自下而上由 III 类向 I 类过渡;牛家山断层和潘集断层属 III 类;阜-凤断层属 I 类。 $\epsilon_r$  值变化取决于逆冲滑动速率和断层扩展速率的变化。当断面扩展速率小于逆冲滑动速率时,就要求上覆岩席发生大量内部收缩变形协调;当扩展速率大于滑动速率时,逆冲断层迅速扩展,岩席内部压缩弯曲应力作用减缓,收缩变形很小;当扩展速率极大时,断面两侧多层岩系相对收缩率极小,几乎是顺层剪切滑移,可得到断层位移的最大水平分量。由表 1  $\epsilon_r$  值变化表明:

(1) 连锁冲断体系  $\epsilon_r$  值,自上而下增大。先存褶皱进一步弯滑、压扁作用显著,断层带剪切变形加剧。在倒转基础上发育平卧褶皱、轴面劈理和平行滑移方向的拉伸线理。在推挤应力持续作用下发育对冲断层,反地堑上部的进一步褶皱迫使滑动速率朝下递减,以满足巨大

<sup>①</sup> 王俊华、刘德良,1983,大别山北麓中、新生代构造演化及合肥盆地的构造特征研究报告——合肥盆地深部构造研究。

的水平位移需要。表明该区冲断层是由底板统一拆离面开始逐渐向前扩展，而不是朝前后两方向扩展。

表1 淮南连锁冲断体系内应变参数表

地层符号	舜耕山逆断层		牛家山冲断层		阜-凤逆冲断层		潘集逆断层	
	0.470	$\epsilon_r$	0.758	$\epsilon_r$	0.478	$\epsilon_r$	0.717	$\epsilon_r$
	有限应变系数							
P <sub>1</sub> -P <sub>2</sub>							0.3	0.81
O-P <sub>1</sub>	3.22	0.26			0.66	0.67	0.09	0.94
E <sub>2</sub> -O	1.08	0.54			0.55	0.71	0.05	0.97
E <sub>2</sub> -E <sub>3</sub>	0.69	0.66	0.18	0.87	0.44	0.76	0.16	0.90
E <sub>1</sub> -E <sub>2</sub>	0.23	0.85	0.14 0.14 0.13	0.91 0.91 0.92	0.41	0.77	0.14	0.91
Zc-E <sub>1</sub>	0.05	0.97	0.11	0.93	0.55	0.71	0.21	0.87
AnZ-Zc					0.55	0.71		
连锁体系	0.09		0.14		0.09		0.18	

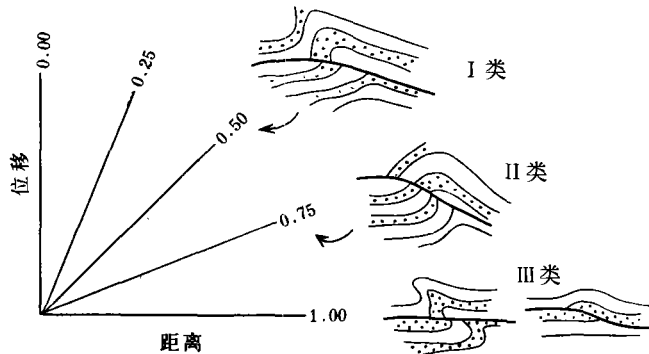


图2 位移-距离图

表示对应的褶皱-冲断构造类型(Chapman,1984)

(2)各逆冲断层  $\epsilon_r$  值变化尚有差异。舜耕山断层、牛家山断层  $\epsilon_r$  值，表示连锁体系后部规律变化的特点，断层位移速率朝拆离面稳定增加，阜-凤冲断层  $\epsilon_r$  值表明连锁体系中部变形特点。这些褶皱在逆冲断层发育前就得到充分生长，随后切穿褶皱。在扩展速率大于相对滑动速率时，迫使上盘地层倒转发育斜歪-斜卧褶皱、劈理带，而下盘为斜歪向斜。当  $\epsilon_r$  值朝下略减小时，表明受弯曲作用阻力影响发育“y”型一逆一正左旋断层，使其上部褶皱减缓，而向下略增相对滑动速率，满足朝下降低位移速率的需要。潘集冲断层  $\epsilon_r$  值变化具有前锋变形特点。由于北侧基底朝南对冲所造成的巨大水平滑移受阻结果。

2. 图3、图4 位移-距离图解具有非线性特点。冲断面朝上或朝下切还有一段距离。平均拉伸率( $\bar{\epsilon}$ )，自南而北波形增大，表明距底板拆离面的距离趋于减少。波形段则与体系中部水平滑脱段相适应。折线段表明岩系的力学性质差异。当岩石  $\bar{\phi}$ (或  $\eta$ ) 大时，滑动速率大于扩展速率，曲线斜率增大，导致背向仰冲断层产生是上盘强烈压缩又难以迅速加剧褶皱的结

果;当  $\bar{\varphi}$  值小时,断面相对水平位移分量加大,上盘诱发对冲结构。曲线上段斜率变缓,指明各断面切入拆离滑脱带还有一段距离。

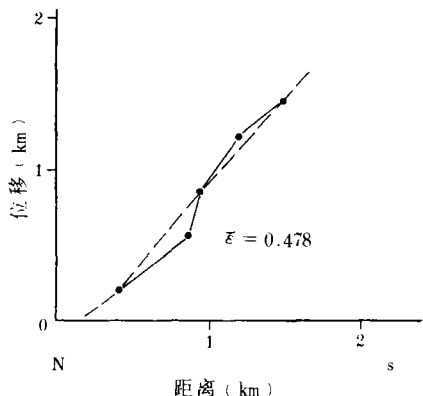


图 3 阜-风断裂(孔集)位移-距离曲线  
( $\bar{\epsilon}$ , 平均相对拉伸率)

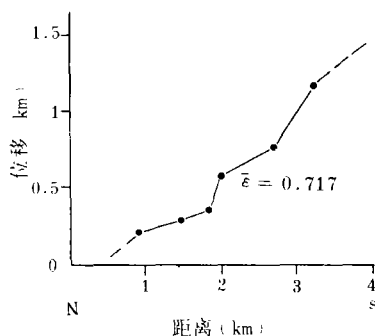


图 4 潘集断层位移-距离曲线  
( $\bar{\epsilon}$ , 平均相对拉伸率)

3. 图 5a 舜耕山逆断层构造横剖面。上盘为被剥蚀后的倒转背斜,下盘是斜歪向斜构造。断层相对收缩率( $e$ )与断面埋深关系(图 5b),表明  $e$  随深度加大而降低,当  $\lim_{r \rightarrow 0} f(e) \approx 0$ , 指示铲状断面与拆离面相交。综合剪应力( $\bar{\tau}$ )值与断面埋深关系(图 5c)。表明  $\bar{\tau}$  值随深度加大而升高。 $\epsilon_3$  白云岩处于变异点也是该区断层带磨砾岩发育的对应区段。总之,拆离滑脱带附近一般具有  $\tau_{max}, \epsilon_{r,max}, e_{min}$  或趋近零,并可预测滑脱面埋深约 4km,自北而南加深。

4. 断裂带有限应变类型(表 1)与该区构造组合也相对应。整个连锁冲断体系  $K=0.09 \sim 0.18$ , 属压扁椭球应变类型,与冲断推覆构造匹配,具体冲断层却有程度差异。舜耕山逆断层最为典型,自下而上由单轴旋转应变扁球(烙饼型)→压扁应变椭球→平面应变椭球→三轴长椭球应变场过度,因此形成复杂曲形断面。断层带不但具有分带性而且沿走向、倾向均发育对冲型反地堑结构,伴之线、面理产生。潘集断层带由压扁椭球→单轴旋转扁球→压扁椭球应变迂回过程,反映前锋侧向附加压缩应力的制约。从剖面看,自下而上由烙饼型向平面椭球应变场过渡与 Siddans(1982)对阿尔卑斯 Morcles 推覆体应变形式十分相似(郑亚东等,1985)。因此该区连锁冲断层体系构造变形特点及组合可得到相应解释。

5. 淮南连锁逆冲断层体系的累计位移-距离曲线(图 6)表明拟合曲线二阶导数小于零,扩展速率朝南增加,相对滑动速率却降低,因而沿拆离滑脱面的水平位移巨大。如舜耕山断层位移水平分量实测达 5km。但向北波形递减。该曲线割线斜率为 0.88,如果以 35.5km 范围计,淮南盖层绝对缩短 4.26km,因此淮南叠瓦状逆断层系,不但具有连锁关系,而且是一个南来的构造移置体并与平峨山基底冲断带衔接。

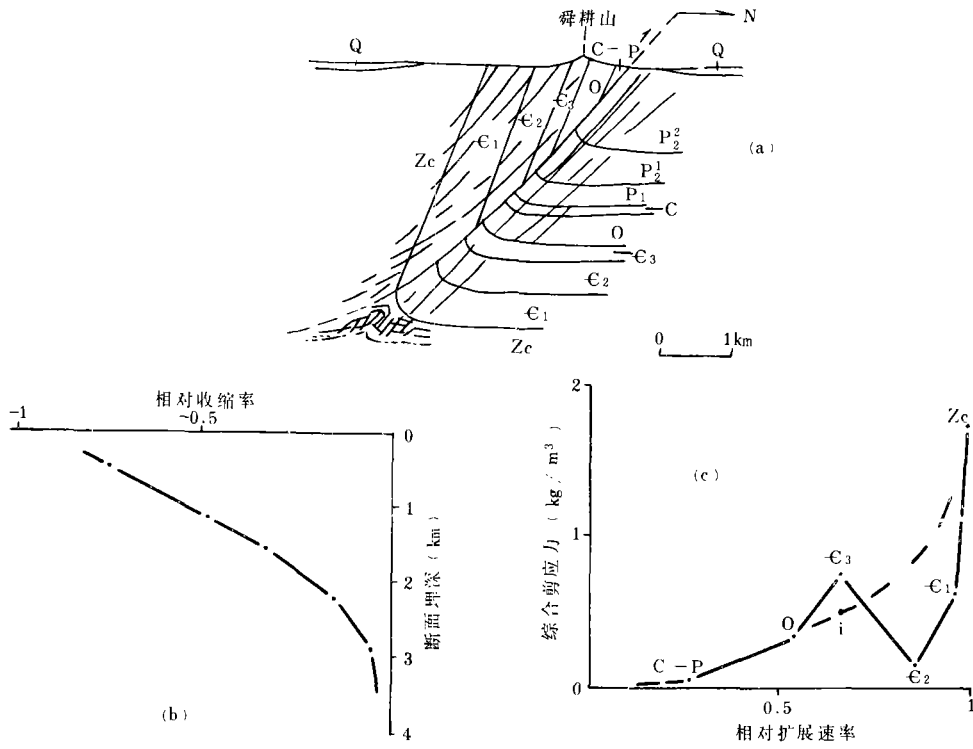


图 5 a. 舜耕山逆断层构造横剖面

b. 断面埋深与相对收缩率关系曲线

c. 断层带岩石综合剪应力与相对扩展速率相关曲线

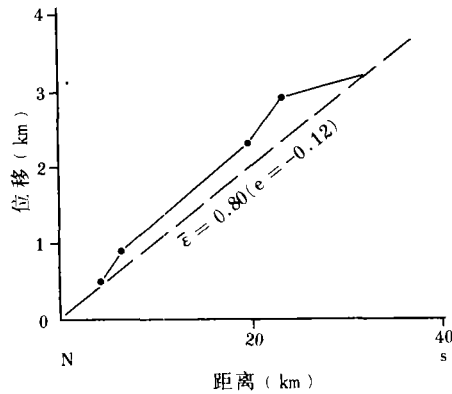


图 6 淮南连锁断层累计位移-距离曲线

( $\bar{\epsilon}$  表示平均拉伸率)

### 三、结 语

十几年来大陆构造学经历一场深刻变革(J. Oliver et al., 1983),不妨以新构造观把淮南构造属性的认识概括为:

1. 淮南冲断带在南北向区域构造挤压应力作用下,褶皱、断裂并存,制约而产生。形成连锁冲断体系。后部来自结晶基底拆离而冲断推覆;中部沿高韧性层而滑脱;前锋因基底俯冲而盖层拆离滑移与北侧基底上冲带衔接。因此淮南“复向斜”不是滑覆构造。

2. 沿岩席运移方向,断层扩展速率和构造应变类型为“波动式”,却不像一般前陆单向衰减式。表明基底构造异于盖层并影响盖层变形,是地台活化的又一表现。

3. 盖层缩短率相应地比基底要小,表明基底拆离构造作用十分复杂,有待今后深入研究。基底拆离不仅仅导致单向仰冲超覆,可能存在不对称的背向俯冲作用。阜-凤断层盖层表现为褶皱-冲断移置体,基底却为深断裂,分属两个系统。表明上、下构造显著差异。这种现象在北美 COCORP 资料显示中皮德蒙特带之下的深断裂被拆离构造截阻(J. Oliver et al., 1983)。因此深部构造有待更详细的地球物理勘探验证。

4. 华北地台南缘,自印支-燕山运动以来,在三叠纪至晚侏罗世是地台强烈活化大陆造山主要时间。基底拆离、盖层褶皱、地壳加积隆起、重力滑覆(另文讨论)与规模大小不一的拗陷沉积,浑为一体。晚侏罗世安山岩喷发,标志大陆地壳转入伸展构造作用新格局。但均受威尔逊地壳“开-合”旋回(J. Oliver et al., 1983)所控制。因此对该区资源评价应有新认识。

(收稿日期:1990年7月19日)

### 参 考 文 献

1. 张光炳. 淮南科技, 1981; (2)
2. Chapman J T and Williams C D. *J Geol Soc* 1984; 141
3. Wiltschko D V. *Thrust and Nappe Tectonics* 1981; 55~63
4. 刘德良等. 地质科学, 1981; (1)
5. 郑亚东, 常志忠. 岩石有限应变测量及韧性剪切带, 1985
6. Oliver J, Cook F and Brouwn L. *Journal of Geophysical Research* 1983; 88(B4); 3329~3347

# ANALYSIS ON THE DEFORMATION OF THE LINKED THRUSTING SYSTEM IN THE HUAINAN REGION, ANHUI PROVINCE

Zhu Zhongpei

*(Dept. of Geology, Hefei University of Technology)*

Cai Minli

*(Dept. of Geology, Huainan Mineralogic College)*

## Abstract

The Huainan Linked Thrusting System consists of a series of south-dipping thrusts and overthrusts with near-EW strike. The certain functional relations exist between the shortening and the relative expanding rate of thrustings along the basement plane, the sliding rate and the depth of dissection. Although it is difficult to get numerical solution up to date, the sheet strain and the characters of the structural strain can be illustrated by graphic solutions. Consequently, the maximum depth of the basement and the shortening of sedimentary sequences could be estimated. In addition, the graphic solution can suggest the relationship between the style of thrusting expansion and the mechanic property of rocks. Furthermore, the explanations of the tectonic significance could be described for the Huainan Linked Thrusting System.