

宁镇和茅山地区被褶皱的断层及其 与逆冲推覆构造的关系研究

黄钟瑾 沈修志 孙岩 杜定金

(南京大学)

本文通过对江苏省宁镇、茅山地区的几个实例, 阐明沉积岩层断层被褶皱的形态特征、及识别标志, 探讨其形成机制及其与逆冲推覆构造的关系。断层褶皱背斜的顶部脱空, 与断层面相匹配, 形成有利的储油气构造, 可成为油气构造圈闭的新类型。

褶皱是指由于构造形变所形成的任何地质面的弯曲¹⁾。不仅岩层面可褶皱, 而且断层面、不整合面、劈理面、岩浆岩与围岩的接触面均可弯曲成褶皱, 其中低角度逆冲断层的褶皱最为常见[1][2](图1)。但在构造研究中, 往往只注意岩层的褶皱, 却忽略断层的褶皱。因此, 常把一条或一组经受剥蚀作用被褶皱的断层(下文称断层褶皱)误认为二条或两组断层, 影响了对地质构造特征及构造作用的正确认识。为此, 本文试图通过江苏省宁镇、茅山地区几个实例来阐明沉积岩区断层褶皱的形态特征、认识标志、形成机制、及其与逆冲推覆构造的关系, 并以此预测隐伏逆冲推覆构造的存在。正确地识别断层褶皱将有助于地质构造特征、构造形成的深入研究及提供油气构造圈闭的新类型和寻找油气藏的新内容。

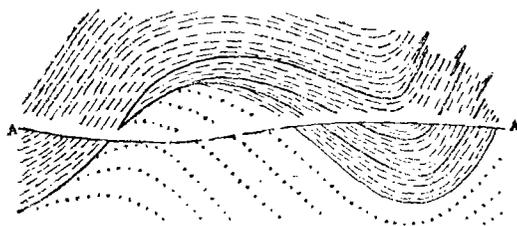


图1 受剥蚀作用的被褶皱的叠瓦状逆冲断层
(据Boyer et al.1983)
A—A'为剥蚀面

1) B.B.艾兹, 变质岩层构造特征, 地质科学情报所编译, 国外地质资料选编(土), 1973.

一、宁镇和茅山地区断层褶皱的实例

该地区低角度逆冲推覆构造发育^{[3]1)}，而且低角度断层受构造变形很容易和地层一起褶皱，形成断层褶皱。下面对几个典型实例加以研究。

1. 汤山背斜形断层

汤山背斜形断层位于宁镇地区汤仑复背斜西南面汤山地区。该断层发育于下奥陶统与中奥陶统之间，所在层位稳定为顺层断层²⁾。断层以强烈硅化构造破碎带和由于两盘沿断层滑动，丢失了下奥陶统顶及中奥陶统底部分地层的形式出现。

平面上，该断层褶皱表现在：走向由NEE变为SN→NWW形成一个完美的弧形转折，倾向为弧形的凸向（图2）；

尽管在小汤山南侧被走向NEE、倾向NNW的逆断层切割，破坏了完整性，但断层的露头线勾勒处长轴NEE向的椭圆形仍清晰可见。沿椭圆形长轴两端的弧形断层，明显是断层的外倾转折端。剖面上，汤山西北侧顺层断层以70°—80°向北西陡倾，东南侧以40°向南东缓倾，两侧断层向上延伸，很自然汇拢成一条向上凸起的弯曲了的断层（图3）。通过对断层平面、剖面的几何分析，表明汤山断层是一条被褶皱的断层，其形态为NEE向短轴状、双倾伏，轴面向东南倾斜的背斜形断层。由于它是顺层断层，所以

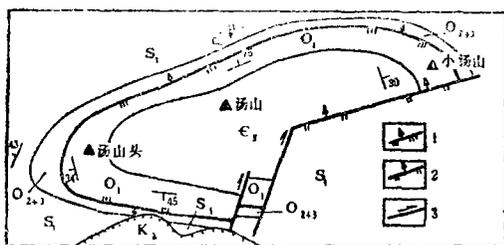


图2 南京汤山地质简图

1. 顺层断层；2. 逆断层；3. 平移断层

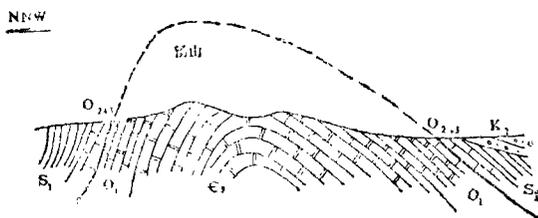


图3 南京汤山构造剖面图

枢纽与地层褶皱（汤山背斜）枢纽是一致的。向上凸起背斜形断层受剥蚀后，其下伏系统上寒武统、下奥陶统出露地表并被断层之上外来系统中上奥陶统、下志留统包围形成构造窗。

2. 劳山向斜形断层

该断层出露在南京幕府山地区劳山两侧，发育于下中三叠统、二叠系与石炭系等地层之间，它是由数条特征相同的断层组成的断裂带。断裂带夹持着石炭、二叠系多个透镜状、楔状岩片，与上盘的青

1) 胡连英，1985，江苏茅山地区推覆构造新认识，全国推覆构造及区域构造研讨会论文。

2) 南京汤山地区地层简介，1973，江苏地质局。

龙群的产状基本平行。平面上，劳山西北与东南两侧断裂带在劳山东北面和西南面走向改变，虽被横向断层所截但有合围成内倾转折端的趋势；剖面上，劳山西北侧断层以 80° 向南东陡倾，东南面断层以 40° 左右向北西倾斜，两侧断层平行青龙群向下延伸势必汇成一条下凹的弯曲断层（图4）。此外，两侧断裂带的断层性质、组合及结构特点均相同，因此有理由认为劳山两侧的断裂带为数条被褶皱的断层组合成的同一断裂带。其褶皱的位态为轴向北东、轴面倾向北西的斜歪向斜形断层。经剥蚀后，下凹的三叠系、二叠系、中上石炭统为外来系统残留在下古生界和泥盆系组成的下伏系统之上，构成飞来峰。

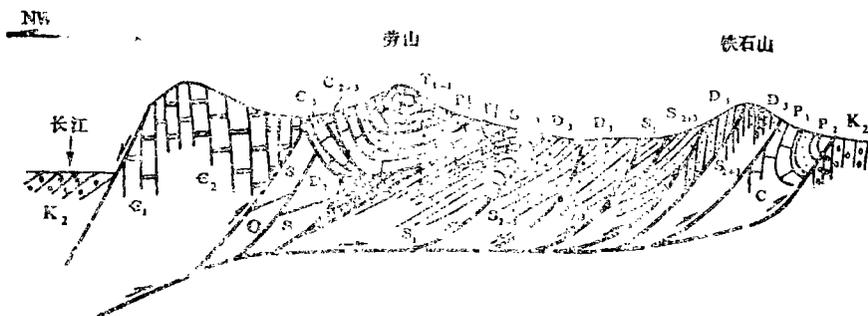


图4 南京幕府山区劳山—铁石山构造剖面图

3. 双山—煤炭山向斜形、背斜形断层

该断层褶皱发育于茅山山脉北端塔山地区。断层外来系统为泥盆、志留系、在双山，上、下盘地层与断层斜交；在煤炭山，断层与下伏地层斜交与上覆地层平行。下伏系统由石炭、二叠系组成，构成向斜构造。双山断层被褶皱成为轴向NNE的向斜形构造，其东侧为背斜形断层（图5）。经剥蚀后，向斜形断层之上的泥盆系被下伏系统石炭—二叠系包围成为飞来峰；背斜形断层之下的石炭—二叠系被外来泥盆系圈闭形成构造窗。双山—煤炭山向斜形、背斜形断层实质上是一条逆冲断层被连续褶皱的产物。恢复褶皱前断层的状态，它是一条向南东东缓倾斜的断层，泥盆、志留系沿着它向北西西逆推在石炭、二叠系之上。

二、断层褶皱的特征及认识标志

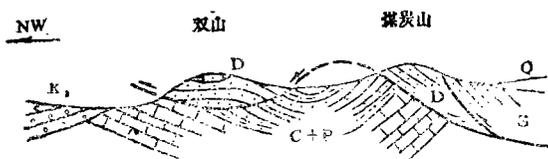


图5 茅山北段塔山地区双山—煤炭山构造剖面图

（据胡蓬英，1986）

总结上述断层褶皱的几何学特征，就不难发现其有如下的特点：

1. 转折端的存在

断层褶皱的重要特征是断层在平面上，剖面上均形成转折端。转折端的存在是断层褶皱的直接记录，也是认识它的主要标志。断层在倾伏端构成外倾转折端为背斜形构造，如汤山背斜形断层；构成内倾转折端为向斜形构造，如劳山向斜形断层。

2. 飞来峰、构造窗发育

未受变形的平面状缓倾角断层通过明显的差异剥蚀后可以形成飞来峰、构造窗，但褶皱了的断层更容易形成此类构造（图6）。因被褶皱的断层形成向斜形、背斜形，外来岩块在上凹的向斜形中不易被剥蚀殆尽，而残留部分被下伏系统圈闭形成飞来峰，如劳山和双山向斜形断层之上的岩片为飞来峰一样；下伏岩块在上凸的背斜形构造中经轻微剥蚀后很容易出露于地表，并被外来岩块包围形成构造窗，汤山背斜形断层下伏系统就是这样一个典型的构造窗，煤炭山构造窗也是如此。断层褶皱经一定剥蚀后，向斜形断层一般出现飞来峰，背斜形断层形成构造窗。而且不需要强烈的差异剥蚀，甚至飞来峰可出现在低处，构造窗发育在高出，并可以远离逆冲断层的前锋存在，这是断层褶皱与平面状缓倾角断层形成飞来峰、构造窗不同之处。

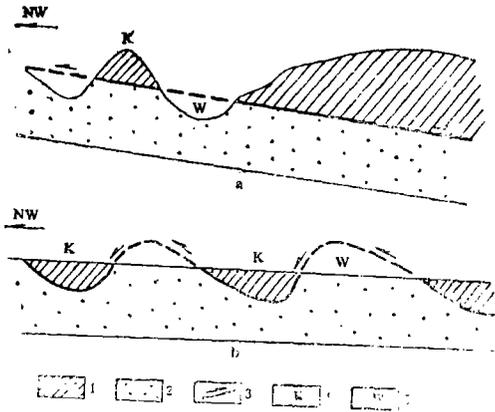


图6 形成飞来峰和构造窗的示意图

- a. 未受变形的平面状缓倾角断层遭受差异剥蚀形成飞来峰，构造窗
- b. 断层褶皱后剥蚀后形成飞来峰，构造窗
- 1. 外来系统； 2. 下伏系统； 3. 断层； 4. 飞来峰；
- 5. 构造窗

3. 断层被褶皱的一翼为正断层，另一翼为逆断层

断层在褶皱前上覆外来岩块作单向滑动，由于其位移量是大的，所以褶皱后仍保持单向滑移的特点，造成断层倾向与上盘运动方向一致的一翼为正断层；断层倾向与上盘运动方向相反的另一翼为逆断层（图6—b）。双山—煤炭山向斜形、背斜形断层已清楚地显示一翼为正断层，另一翼为逆断层，揭示断层之上的外来岩块自南东东向北西西单向运移的途径（图5）。

4. 断层的特征及结构相同

同一断层或断裂带被褶皱后其两翼断层的特征及结构必然相同。因此，当两条相向或相背的断层、断裂带的特征和断裂带结构相同，且与上覆、下伏岩

层的层位关系有一定规律时，就可揭示二断层是同一断层或断裂带被褶皱后受剥蚀的产物，再结合其它构造标志即完全可以确定断层褶皱的存在。如汤山背斜形断层的两翼均为硅化破碎带，劳山向斜形断层两翼均为断片和楔状体组成，从而可确定两侧断层是同一断层褶皱后的产物。

5. 断层褶皱与地层褶皱的方位和形态有一定关系

断层发生褶皱实质上是被断地层发生褶皱引起断层的弯曲，因此断层褶皱与地层褶

皱紧密相关。当褶皱前断层与地层产状一致为顺层断层时,褶皱后断层和上覆、下伏地层褶皱的枢纽是一致的,形态是相同的,如汤山背斜形断层与汤山背斜的关系一致一样。而褶皱前断层是平行于上盘地层,与下伏地层斜交,断层褶皱后的枢纽与形态与上覆地层褶皱是一致的,与下伏地层褶皱不一致。如劳山向斜形断层与劳山向斜的关系就是如此。此外,如褶皱前断层与地层有小角度的斜交,断层褶皱后的形态与地层褶皱的形态虽然有差异,但褶皱方位常是一致的,如双山—煤炭山断层褶皱就属于此。

上述无疑是断层褶皱的重要特点,但原始波状弯曲断层也具有某些类似特征,因此在断层褶皱的研究中还应区别之,方能准确地确定断层褶皱的存在。两者的区别首先表现在断层弯曲程度:断层褶皱两翼倾角较陡,翼间角可以很小,一般褶皱较紧闭,最常见的是斜歪褶皱,可出现倒转褶皱或同斜褶皱;原始波状弯曲断层一般为和缓、幅度小的弯曲,翼间角大于 120° ,不小于 90° 。其次,转折端特点的差异:断层被褶皱时沿断层滑动转折端是容易形成脱空现象,因此,破碎带在转折端宽度远大于两翼,汤山背斜形断层具有此特点,表明断层形成在先,后被褶皱。而原始弯曲断层此特点不明显。再者,断层与岩性的关系方面:未经变形断层的弯曲与岩性改变有关,弯曲地段是岩性变化处。而断层褶皱是构造变形的产物与岩性关系不密切,却与其近侧大型逆冲断层的逆冲作用有关。

以上断层褶皱的特点及其与原始弯曲断层区别的诸方面就是确定其存在的标志。其中以断层构成转折端,并具有较陡的两翼、较小翼间角为主要标志,再结合各种地质特征,确定断层褶皱的存在是不难的。

三、断层褶皱的形成及其与主要逆冲断层的关系

断层褶皱是断层上盘和下盘岩层侧向水平缩短的结果,这种侧向挤压造成岩层的短褶皱是纵弯褶皱作用的产物。它要求其下有一不协调界面作为岩层滑动面,以便实行其上部岩层及断层缩短的进程。这一滑动可以是滑脱构造或低角度逆冲断层,因此,断层褶皱与岩层的侧向缩短及其与下部滑脱构造、低角度逆冲断层的滑动就有成因联系,利用这种关系即可研究产生断层褶皱的形成机制。下面就几种产生断层褶皱的成因进行阐述。

1. 上部断层平行于下部大型逆冲断层的情况下形成的断层褶皱

当顺层断层平行于下部具有陡坡的主要逆冲断层的断坪时(图7—A),由于主要逆冲断层的上盘沿断面滑动,其上的岩层和顺层断层向前滑动必受陡倾断坡阻挡而发生缩短,形成了背斜形、向斜形相间的断层褶皱(图7—B)。另一种情况是主要逆冲断层的断坡较缓时(图7—C),其上盘的断层和岩层能够沿断坡攀爬到另一高程的断坪。这一过程可导致断层褶皱的产生,形成背斜形断层(图7—D)。对比汤山背斜形断层的特点及形成条件,它产生的动力学类型应属此类。因此,可以推测汤山背斜形断层之下应存在台阶状隐伏逆冲断层(图8),它是北面已发现的徐金逆冲断层¹⁾向东面深部的延伸部分。这一大型逆冲断层存在,就能圆满的解釋汤山地区的构造特征及构造的形成。值得强调的是,主要逆冲断层滑动时,断坡上盘岩层和断层发生褶皱的重要因素[4]。

1) 张永康, 1933, 苏南西部的逆掩断裂带及其地质作用, 江苏地质, 第三期。

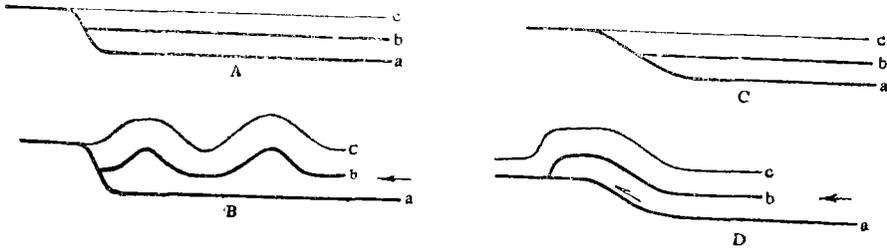


图7 具有陡断坡的逆冲断层(A、B)和缓断坡逆冲断层(D、C)的上盘顺层断层形成不同的断层类型(A、C为褶皱前，B、D为褶皱后)

a 主要的逆冲断层；b 顺层断层；c 岩层面

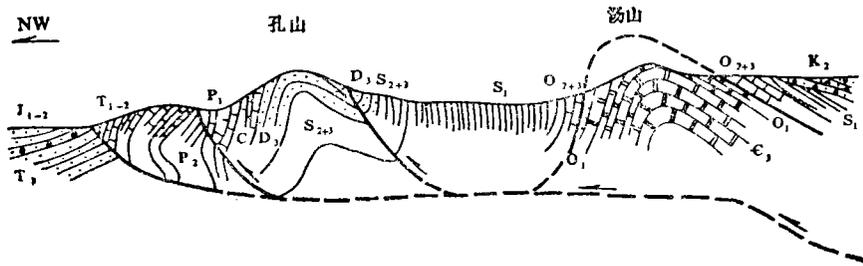


图8 汤山—孔山构造剖面图

◆ 徐金逆冲断层

2. 上部断层与下部主要逆冲断层斜交的条件下产生的断层褶皱

逆冲断层形成后，由于后续逆冲作用的进行，上盘不断向前推进，在**前锋或陡倾断坡处受阻时，便造成与逆冲断层斜交斜切地层的次级叠瓦状断层发生褶皱。研究双山—煤炭山断层褶皱的特征并结合茅山北段叠瓦状断层发育特点，确定该断层被褶皱前应是主要逆冲断层之上叠瓦状断层中的一条，其被褶皱是下部主要逆冲断层滑动的结果。另一种情况是上盘沿滑脱断层或主要逆冲断层滑动时，在**前锋受阻先形成岩层褶皱，随后在褶皱倒转翼或陡翼产生延伸逆断层或破裂逆断层。由于主要逆冲断层的逆冲作用不断进行，整个上盘岩层不停的缩短，使业已产生的延伸或破裂逆断层发生褶皱，因此，此种断层褶皱同样可以推测下部有大型逆冲断层的存在。侏罗山区格林新堡断层被褶皱提供这一类型断层褶皱完美的例证[5]。

3. 逆冲断层近侧发生的断层褶皱

由于上盘的逆推作用，逆冲断层在倾角变陡的下盘遭受推挤，导致先成断层发生褶皱。劳山的断层褶皱应属此类成因。其北侧存在规模大、倾角陡、向东南推挤的逆冲断层，造成寒武系逆冲石炭—二叠系之上，并使先成断层组发生褶皱，形成轴面倾向北西的劳山向斜形断层(图4)。值得指出的是，该逆冲断层与幕府山区发育的一系列NE向、倾向NW的逆冲断层一同组成叠瓦状构造。其特点是上陡下缓为犁式断层，各犁式逆冲断层向下延伸，倾角变平处势必汇拢成大型低角度逆冲断层。因此，劳山断层褶皱之

1)张永康，1983，苏南西部的逆掩断裂带及其地质作用，江苏地质，第三期。

下,可有根据地推测存在着隐伏的主要逆冲断层,这样能合理地解释由断片叠堆在一起的幕府山区构造的成因。

4. 双重构造中的断层褶皱

双重构造 (deplex) 的顶冲断层和底冲断层之间由叠瓦状断层切割而成的断夹块 (horse), 在不断地逆冲作用过程中, 沿断坡攀爬和受挤压而产生变形, 其周边的断层必然发生褶皱。中阿巴拉契亚“脊谷地区”的构造提供了断夹块变形导致断层褶皱最好的范例 [6] (图 9)。该例指出了断夹块的变形是沿底部冲断层滑动的结果, 因此断层褶皱仍可揭示底部冲断层的存在。此类构造在逆冲推覆构造发育的茅山地区是可以被发现的。

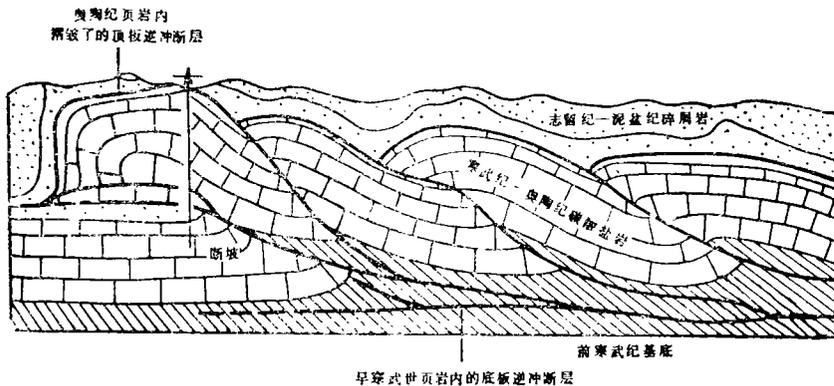


图9 中阿巴拉契亚“脊谷地区”逆冲断层的断坡造成上盘地层及顶冲断层发生褶皱(略加简化)
(据Perry, 1978)

四、结 束 语

随着逆冲推覆构造不断发现和深入研究, 与其有成因联系的断层褶皱也会逐渐被发现和研究。对断层褶皱的研究表明, 它是受下伏逆冲断层制约的, 同时也受逆冲断层断坡的存在及其倾角的大小控制的。借助断层褶皱可以推测隐伏逆冲推覆构造和滑脱断层的存在, 这对区域构造特征的合理解释, 构造变形的成因研究和在大型逆冲断层带及其附近寻找油气藏均有着重要意义。而且断层褶皱在背斜形的顶部最容易形成脱空现象, 断层面又起着封闭作用, 在良好的生油条件下, 它将成为油气聚集和保存的有利场所。因此, 背斜形断层可成为油气构造圈闭的新类型, 应给予重视。

本文承蒙夏邦栋教授审阅全文, 并提出宝贵意见, 在此致谢!

参 考 文 献

- [1] Phillips, E.H., 1983, Gravity slide thrusting and folded faults in western Arbuckle Mountains and vicinity, southern Oklahoma: AAPG Bulletin, Vol.67, NO.9.P.1363-1390.
- [2] Dahlstrom, C.D.A., 1970, Structural geology in the western margin of the Canadian Rocky. Bull. Can.Petrol.Geol., 18, 332-406.
- [3] 黄钟瑾、沈修志、孙岩, 1984, 苏、皖、浙交界逆掩推覆构造及构造分带性的成因研究, 南京大学学报 (自然科学版) 第二期.
- [4] Parish, M.A., 1984, Structural interpretation of a section of the Gavarnie nappe and its implications for Pyrenean geology. Journal of Structural Geology, Vol.6, No.3.
- [5] Ragan, D.M., 1985, Structural Geology—An Introduction to Geometrical Techniques. 3rd ed. John Wiley & Sons.Inc.
- [6] Boyer, S.E and Elliott, D., 1982, Thrust Systems: AAPG Bulletin, Vol.66, No.9, 1196-1230.

FOLDED FAULT AND ITS RELATIONSHIP TO THE THRUSTED NAPPE STRUCTURE IN NINGZHENG AND MOUSHAN AREAS

Huang Zhongjin Shen Xiuzhi Sun Yan Du Dingquan

(Nanjing University)

Abstract

In this paper, several folded faults are analysed in Ningzheng and Moushan Areas, Jiangsu Province, and they can be classified into following types based on their configurations: anticlinal fault, synclinal fault and complex fault. All those faults were formed under the control of folding or continuously folding with the mechanism of thrust-nappe structures. The principal markers of such faults are of the occurrence of nappe-outlier and nappe-inlier, abrupt turning of fault line, steep flanks at both sides of the fault with small angles at the top of anticlines.

The decouples of the fault plane would easily be formed at the top of anticlinal fault during folding and the fault plane can be acted as sealing if oil/gas generation conditions are favourable. So that the top of the anticlinal fault would be favourable for the preservation of oil/gas accumulation while the type of anticlinal fault can be a new type of oil/gas trap-structure.