

# 关于扭动构造的鉴别问题

严俊君

王燮培

(石油大学地球科学系, 北京 102200)(中国地质大学石油系, 湖北武汉 430074)

鉴别扭断裂的地下标志归纳为九点: (1) 雁列构造; (2) 花状构造; (3) 辫状构造; (4) 窄变形带; (5) 窄而深的半地堑构造; (6) 窄而厚的粗相带; (7) 两盘地层岩性不相匹配; (8) 断面倾向摇摆、多变; (9) 杂乱的地震显示。然而在实际应用中由于鉴定不准确存在夸大平移扭动作用的趋向, 特别是在鉴别“雁列构造”和“花状构造”两个重要标志中出现的问题较大, 关键问题是: (1) 张性雁列构造并不一定指示平移扭动; (2) 对于盆地内薄皮构造而言, “基底卷入”不应作为扭断裂的根本鉴别标志; (3) 我国西部各油区广泛发育的“背冲断块”大多不属“花状构造”。

**关键词** 扭动构造 鉴别标志 问题 花状构造 雁列构造 背冲断块

**第一作者简介** 严俊君 女 34岁 副教授 石油地质学

近年来在盆地构造分析中平移扭动现象普遍受到人们的重视。我国含油气盆地“东张西压”、“东部伸展、西部逆掩”的认识在注入了平移扭动因素后, 认识上发生了很大变化, 从盆地板块构造的运动学背景以至盆内各级构造单元形成的力学机制和空间展布规律方面都有了新的认识, 这无疑是很重要的进展。然而笔者认为无论国内或国外或多或少存在着夸大平移扭动作用的趋向, 主要表现在把明显以压性或张性为主导的盆地构造描述为扭动构造, 并按平移扭动的特征去寻求规律。这样, 由于忽略了主导因素从而导致总体规律认识上的偏差。造成夸大平移扭动作用的主要原因, 是对扭动构造概念和特征认识上的模糊和鉴别标志应用上的不准确。Harding 等<sup>[1~4]</sup>曾对扭断裂的鉴别标志归纳为七点, 并以很多实例说明扭动构造鉴别中存在的问题或“误区”(pitfall)。本文仅根据近年来我们的实践, 谈谈应用地下地震资料鉴别扭断裂的若干标志, 以及目前扭断裂和扭动构造鉴别中所出现的一些问题。

## 1 标志

### 1.1 雁列构造

雁列构造一直被认为是扭断裂最基本、最可靠的鉴别标志。即使在多重应力联合或叠加的复杂环境下, 只要有扭应力存在就会有雁列构造显示的痕迹。传统认为在扭应力作用下, 挤压和引张两个分力分别造成雁列式的挤压褶皱组合、逆断裂组合和张性正断裂组合, 并据其力学性质、强度, 排列上的叠覆、衔接关系, 判断该平移扭动的压扭、张扭、左旋、右旋、左

阶、右阶特征。

## 1.2 花状构造

“花状构造”是扭断裂中主干断裂和分支断裂在剖面上的特殊组合形态，现在人们普遍把它作为扭断裂的重要鉴别标志之一。按照 Harding<sup>[2]</sup>的归纳，最关键的特征包括两点：

(1) 主干断裂和分支断裂向上撒开，向下收敛、合并，主断面陡立，断入基底。

(2) 被卷入地层的变形特征中，“挤压、逆断、背形”和“拉张、正断、向形”分别代表压扭和张扭两种不同力学性质的正花状构造和负花状构造。

“花状构造”是一个作为扭动构造鉴别标志的专用名词，并不是任何剖面上形似花状的断裂组合都可称之为花状构造。为了名词应用上更明确，国外也有人把正花状构造称之为“棕榈”构造 (palm tree structure)，负花状构造称之为“郁金香”构造 (tulip structure)。

## 1.3 直线型延伸、瓣状构造 (图1)

断线平直是扭断层的普遍特征，这是扭应力场所决定的。瓣状构造则是大型走滑断裂的特有标志，阿尔金、郯庐、三江断裂带、美国的圣安德列斯断裂带，均具有这种特征。由于强烈的挤压、平移，迫使较宽的断裂带压缩、直线化，形成瓣状，在三江地区称之为“海豚式”构造。

## 1.4 窄变形带

无论平面上还是剖面上扭断裂两侧岩层变形带都很窄，反映了应力传递的特点。因为应力并非来自垂直断裂线的方向，而是与断裂线方位平行，应力集中于断裂带附近释放。

## 1.5 断裂面多变

同一断裂沿走向断面倾向左右摇摆、掉向多变，造成断裂沿走向忽“正断”忽“逆断”的交替。这是因为断面陡直，倾角稍有变化即可能造成断面倾向反转，从而导致断层性质沿走向发生变化 (图2)。

## 1.6 半地堑 (箕状断陷) 窄而深

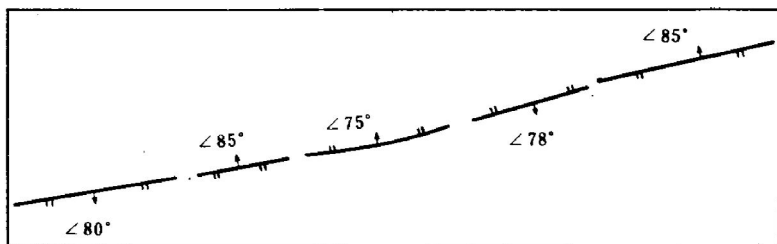


图2 走滑断裂断面走向延伸特征图

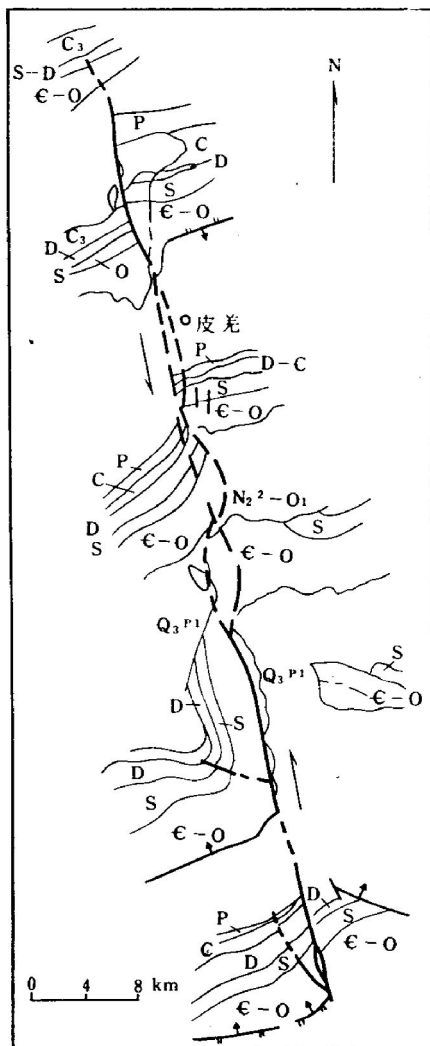


图1 皮羌断层平移走滑标志的线性瓣状构造

由于扭断裂断面陡直，强烈的扭断裂活动应力集中在断线附近很窄的范围内，因而造成窄而深的半地堑。郯庐走滑断裂带上大大小小的半地堑多具这种特征；辽河凹陷是极鲜明的例子 (图3)<sup>[5]</sup>；南方小型扭性盆地也有这样的例子<sup>[6]</sup>。我们曾对我国

东部中、新生界半地堑的宽度和深度的比值(宽深比)作了比较:受扭断裂控制的半地堑宽深比可达1,甚至小于1;而受张性断裂控制的半地堑宽深比则往往大于5,甚至到9。

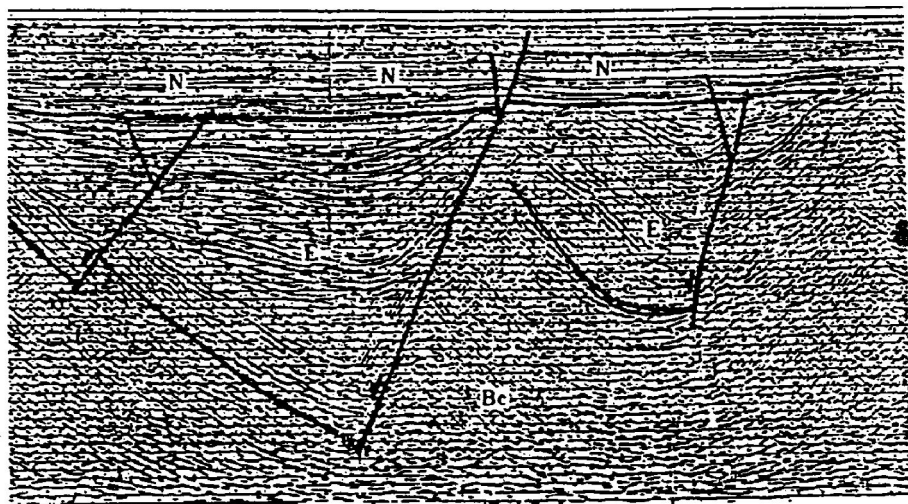


图3 辽中凹陷窄而深的半地堑构造

### 1.7 断裂下降盘常发育窄而厚的粗相带

同样由于扭断裂应力集中于断线邻近地带、碎裂强度大,往往造成粗相带的快速堆集,造成窄而厚的角砾岩带,甚至形成沉积“柱体”。该带横向上相变极大,角砾岩带可以和泥质岩带直接接触,呈“跳相过渡”(局部似呈“不整合接触”)。柴达木盆地西北缘阿尔金走滑断裂带紧靠东南盘的第三纪沉积相带展布见有这种现象。

### 1.8 断裂两盘岩性不匹配

在上升盘隆起区找不到其紧靠下降盘沉积岩层的物源成分。说明沉积过程中断裂发生了平移。也常见到扭断裂下降盘纵向上层位自老至新沉积中心沿断裂发生横向迁移,郯庐断裂带北段辽宁黑龙江段侏罗、白垩系断陷盆地见有这种现象。地层厚度的不相匹配是由于断裂平移使不同部位的地层对接而造成的。

### 1.9 地震显示

由于扭断裂断面陡、地层碎裂强度大,相带粗而性质、成分混杂,成层性差,因而地震剖面上往往形成杂乱反射带,两盘地层速度不相匹配。从某种意义上讲,异常出现的杂乱反射部位很可能本身就是扭断裂带的反映,Lowell<sup>[7]</sup>曾以红海南部埃塞俄比亚水域一条地震反射剖面上反射层和速度不相匹配、反射杂乱,而推测该断裂带具有平移扭动性质。当然,造成杂乱反射的原因是多方面的,包括剖面处理上的问题,因此,须要认真加以鉴别。

## 2 问题讨论

### 2.1 关于雁列构造

笔者认为当前我国油气勘探资料和研究成果中,有关雁列构造的判断和解释有不少是极不确切的,值得进一步审视,因为平面上的雁列构造型式大部分都不是在原始资料上直接展现的,而是通过对剖面资料的解释、组合得出的,因而带有更大的人为、主观性。它的正确与否和剖面资料的质量好坏、解释水平,以及对区域构造格架的认识有很大关系。因此,在

应用平面上的雁列组合判断扭断裂时，应对其原始资料及解释的可靠程度有了解。

应该指出的是，由张性断裂组成的雁列构造其成因并不一定都反映平移扭动，而有可能属纯拉张应力，尤其是盖层重力滑脱的伸展构造。1988年Larsen<sup>[8]</sup>以格陵兰东部裂谷盆地的断裂形式为例，讨论了在引张应力体系中所出现的侧列断裂形式。他认为，在纯张应力作用下，可以产生各种样式的侧列式的断裂组合，这些断裂在平面分布上可能比较杂乱，可能对称地出现，也可能雁列式组合（图4）。从成因上看，这种呈雁列叠覆相邻接的张断裂之间正是一种转换、调节（transfer）部位，它始终在纯张应力下进行。从区域构造结构上看，这些雁列式断裂组合中各分支断裂均具有铲形断面，并向深部合并成为一条低角度的或近水平的断层，构成一个大型的重力伸展滑脱面。

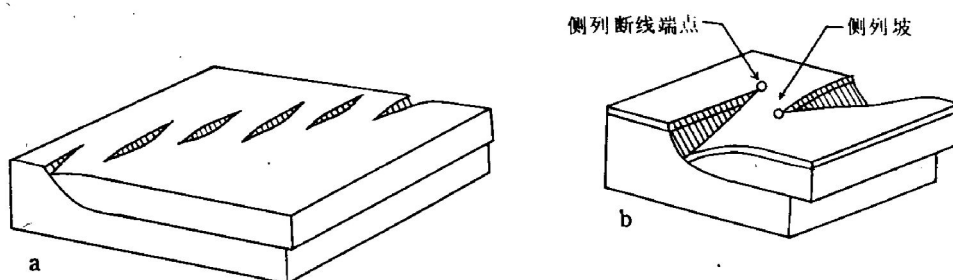


图4 引张力形成的雁行式组合（据文献[8]）

a—纯引张-滑脱造成的雁行构造模型图；b—雁列断裂演化结构模型图

唐辉明<sup>[9]</sup>曾对张性雁列式断裂的发生、应力传递的力学机理作了分析，并得出类似的结论，即单纯的引张同样可以产生雁列式断裂组合形式。

因此，我们认为压性和张性雁列构造指示平移扭动的可靠性是不同的，压性褶皱、断裂（逆断层）组成的雁列构造要比张性断裂（正断层）组成的雁列构造指示平移扭动性质更为可靠。

区分雁列和侧列在实际工作中并不是很容易的事。一般来讲，侧列形式是张性环境的产物，例如背斜顶部的二次纵张所产生的破裂。这种断裂系虽然各个单条断裂在平面上也是首尾斜列相连，但叠覆部分较小，而且叠覆关系“左阶”、“右阶”是不规律的，与典型的雁列断裂组合不同，只是往往由于地下资料不清晰、不充分，致使造成错误的鉴别。这种情况在我国东部盆地中是不乏其例的。

## 2.2 关于花状构造的鉴别

扭断裂是构造水平位移的结果，它的特征主要应表现在平面图上，而花状构造的发现使人们可以从大量的最基础的剖面资料中去识别平移扭动迹象，这正是花状构造的主要贡献，然而，花状构造的识别并不是一件容易的事，很可能与其它构造混淆，特别是在资料品质不好的情况下，鉴别更应慎重<sup>[2,4]</sup>。因此，花状构造只能作为配合平面鉴别标志的一种辅助性的剖面标志，而区域构造上综合的、总体的特征对于鉴别扭动构造更为重要，这是应该特别强调的。

近年来，我国的研究者广泛应用了花状构造这一标志，但是在应用中出现了各种各样颇有争议的问题。

### 2.2.1 断面陡立、断入基底问题

该特征曾作为扭断裂的最基本的标志之一。Lowell<sup>[7]</sup>认为平移扭动是深部的构造作用，断



图5 皮羌捺断层花状构造素描  
(袁宝华据照片绘出)

裂的发生始自深部然后向上扩展,因此大型的扭断裂,如控制盆地发育的边界断裂或盆地内的区划性断裂几乎无例外地属基底卷入型。Harding<sup>[4]</sup>在论述扭断裂特征时曾申明,他没有把次级具有盖层滑脱性质的扭断层(如前陆盆地褶皱逆冲推覆带垂直区域构造走向发育的横推捺断层)列入平移走滑断层加以分析。Harding<sup>[1]</sup>和Lowell<sup>[7]</sup>在他们的“构造样式分类”中,也只讨论了以区域性走滑断裂为基本构造特征的基底卷入型扭动构造组合,特别强调“断面陡立、断入基底”作为扭断裂的重要鉴别标志之一,而对于以横推断层(捺断层)为基本构造特征的滑脱型扭动构造组合,却没有加以考虑。然而在我国含油气盆地构造分析中却出现了疑问,因为我国含油气盆地内确实存在着相当多的、次级中一小型或带有捺断性质的平移断裂,它们往往并不具有基底卷入性质,大多仅发育于盖层中。这类平移断层虽然规模较小,却也可以和区域性扭断裂一样,平面上呈直线延伸,或出现辫状构造,剖面上亦可见到典型的花状构造。塔里木盆地北部露头区柯坪隆起上的皮羌断裂是一条典型的,由于不均匀滑脱

推覆而形成的捺断层<sup>[10]</sup>,其剖面上的花状构造及平面上的直线延伸都极其典型(图1,5)。因此,我们认为在构造样式分析中,“断入基底”不应作为断裂是否具有扭动特征的根本标志,花状构造也可以是“无根”的,即在盖层滑脱型构造中亦可出现扭动构造组合。

### 2.2.2 关于背冲断块和花状构造的关系

我国西部各盆地相当广泛地发育着背冲断块这种构造形式,形态上即在背斜顶部发育一对或数对“背冲”式逆断层组。在柴达木盆地称这种构造为“两断夹一隆”或“扇形垒块”,在川南褶皱带则是属“隔挡式构造”中的窄背斜。从剖面上看,无论柴达木盆地还是川南地区,背冲式断层都有向深部聚敛的趋势,其组合形态极似花状构造(图6,7)。

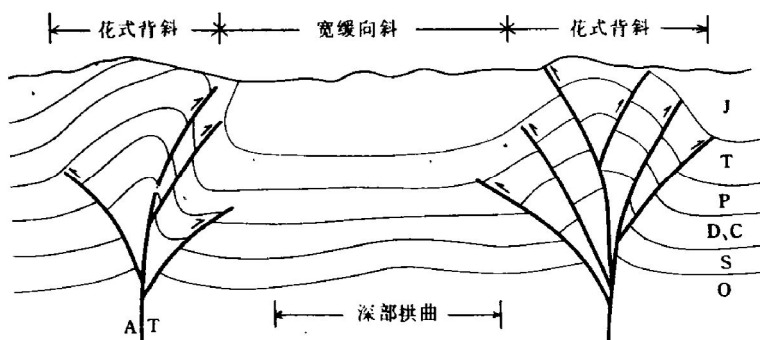


图6 川东“隔挡式”构造误为扭动式“花状构造”示意图  
(据文献[13])

因此,不少研究报告将其鉴别为花状构造,笔者也曾据此判定其平移扭动性<sup>[11,12]</sup>。然而,这样的判定并不完全可靠。在柴达木盆地平面上各构造带多呈右行雁行排列,其总体上的平移扭动格局是十分确切的,但这种雁列构造形式所反映的是大区域的扭应力,而对每一个局部背斜构造来讲,它只是区域压扭性应力中挤压分力的产物。因此,这种“两断夹一隆式”的背斜并不反映平移,而反映的是挤压,故而不能把这类背冲式



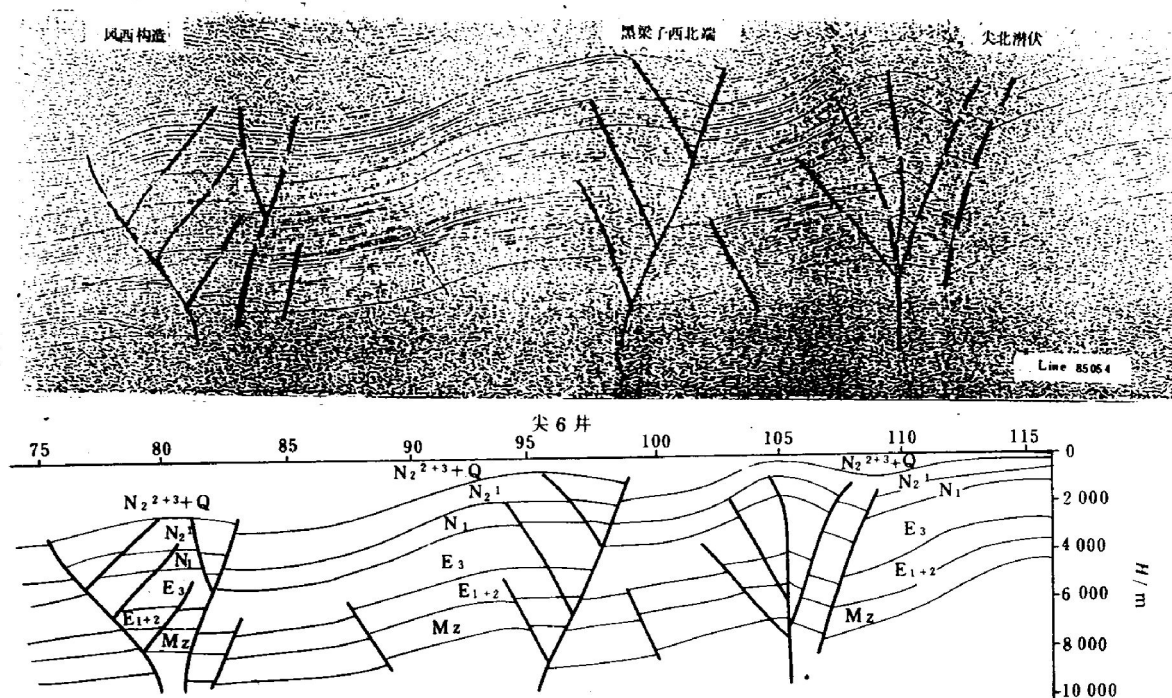


图7 柴达木盆地 85054 测线地震时间剖面及解释剖面

的断裂组合作为指示平移运动的花状构造，在川南，整个构造带所展示的是以挤压为主导的隔挡式梳状褶皱带，这些构造带平面上呈平行展布，反映了典型的挤压褶皱变形样式，但这些背斜带所展示的剖面特征与花状构造却极相似（图6）<sup>[13]</sup>。因此，在进行构造样式鉴别时，仅仅依据剖面上是否出现花状构造来判别扭动是远远不够的，必须对各种变形机制、可能出现的变形样式等充分理解，从构造带所展示的平面、剖面综合特征进行鉴别，否则就可能作出错误的判断。

### 3 结论

笔者认为，近年来我国盆地构造分析中有夸大平移扭动作用的趋向，实际上在我国典型的以平移扭动为主导的含油气盆地很少见，“东张、西压兼有扭性”的认识是符合实际的。在鉴别平移走滑断裂时，要注意：

（1）剖面标志和平面标志必须结合，平面标志（如雁列构造）是关键，没有平面显示的剖面标志（如花状构造）是不可靠的；

（2）不能只根据局部某一条“花状构造”剖面判定该断层的扭断裂性质，而要多条剖面作系列、综合分析；

（3）要注意构造叠加的背景影响，在前期已经经历了挤压或拉张构造变形的地区，扭动构造标志的清晰程度会受一定的影响；

（4）基底卷入是大型走滑断裂的基本标志，但盆地内与油气圈闭密切相关的中、小型扭断裂，虽不属基底卷入型，但它们也是扭断裂的重要组成部分。

### 参 考 文 献

- 1 Harding T P, Lowell J D. Structural styles, their plate tectonic habitats, and hydrocarbon traps in petroleum provinces;

- Bull AAPG, 1979, 63: 1016~1058
- 2 Harding T P. Seismic characteristics and identification of negative flower structures, positive flower structures, and positive structural inversion. Bull AAPG, 1985, 69: 582~600
  - 3 Harding T P. Comment on "state of stress near the San Andreas fault-implications for wrench tectonics". Geology, 1988, 16 (12): 1151~1152
  - 4 Harding T P. Identification of wrench fault using subsurface structural data, criteria and pitfalls. Bull AAPG, 1990, 74 (10): 1090~1609
  - 5 严俊君, 马前贵. 渤海海域的郑庐扭断裂及含油气盆地的发育. 地球科学, 1992, 17 (1): 31~38
  - 6 严俊君, 张家骅. 合浦盆地——中国南方扭性盆地模式. 地球科学, 1994, 19 (2): 194~200
  - 7 Lowell J D. Structural styles in petroleum exploration. Tulsa: OGCI, 1985. 45
  - 8 Larsen P H. Relay structures in a Lower Permian basement-involved tension system East Greenland. Journal Struc Geology, 1988, 10 (1): 3~8
  - 9 唐辉明. 雁行式断裂构造的形成及其断裂力学意义. 地球科学, 1992, 17 (1): 25~30
  - 10 王燮培, 严俊君. 塔里木盆地北部断裂格架分析. 地球科学, 1995, 20 (3): 237~242
  - 11 王燮培, 费琪, 张家骅. 石油勘探构造分析. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991. 153
  - 12 王燮培, 严俊君. 中国含油气盆地的扭动构造和构造样式的叠加. 见: 中国大陆构造文集. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992. 144~154
  - 13 吴奇之. 地震资料解释工作的现状与展望. 石油地球物理勘探, 1987, 22 (4): 468~482

## ON IDENTIFICATION OF WRENCH STRUCTURE

Yan Junjun

(Petroleum University, Beijing)

Wang Xiepei

(China University of Geosciences, Wuhan)

### Abstract

The subsurface markers for identifying wrench structure could be concluded as follows: (1) echelon structure; (2) flower-form structure; (3) braid structure; (4) narrow deformation zone; (5) deep narrow half-graben; (6) narrow thick coarse deposit zone; (7) unmatched strata across a fault; (8) swaying and variable fault dip; (9) clutter seismic reflection. However, the trend of overstating the effect of wrenching may occur due to inaccurate identification in actual application, especially in identifying echelon structure and flower-form structure. The key problems are (1) tenso-echelon does not always indicate wrench fracture; (2) as for the shallow-rooted structures in a basin, "basement-involving" could not be the essential identificative criterion of wrench fault; (3) the back-thrust blocks that widely developed in oil provinces in West China are mostly not flower-form structures.