

斜向断层效应初析

余国强

(浙江冶金地质勘探公司三队)



工作方法

在构造地质学教科书中,常以走向断层来研究断层效应。然而,走向断层只是断层中特殊的一类,在野外最常见的是斜向断层,因而研究斜向断层的断层效应更具有实际意义。本文就此问题作一初步的分析和探讨。

由于斜向断层走向与地层的走向具一定的夹角,因此,在地表会表现出左行或右行的性质,在垂直剖面上会表现出正断或逆断的性质。本文在分析断层效应时,主要是依据这些性质,并结合地层的重复与缺失关系来进行的。为表达方便,作如下约定:斜向断层的倾向为 θ_1 ,倾角为 α ;地层的倾向为 θ_2 ,倾角为 β ;断层与地层的倾向方位角差以 $\Delta\theta$ 表示, $\Delta\theta$ 值系按逆时针方向从 θ_1 至 θ_2 计算。

走向错动

1. 左行

$$(1) 90^\circ < \Delta\theta < 180^\circ$$

剖面上反映出逆断性质,垂直钻孔中(以下相应均按此分析)地层重复;平面上沿垂直断层走向方向(以下简称平面上)地层缺失(图1b)。

$$(2) 180^\circ < \Delta\theta < 270^\circ$$

剖面上反映出正断性质,地层缺失;平面上地层重复(图2b)。

$$(3) 270^\circ < \Delta\theta < 360^\circ$$

① $\alpha' > \beta'$ (α' , β' 分别为断层、地层在所分析剖面上的视倾角,下同)。

剖面上反映出正断性质,地层缺失;平面上地层缺失(图3b)。

$$②\alpha' < \beta'$$

剖面上反映出逆断性质,地层缺失;平面上地层?缺失(图4b)。

$$(4) 0^\circ < \Delta\theta < 90^\circ$$

$$①\alpha' > \beta'$$

剖面上反映出逆断性质,地层重复;平面上地层重复(图5b)。

$$②\alpha' < \beta'$$

剖面上反映出正断性质,地层重复;平面上地层重复(图6b)。

2. 右行

$$(1) 90^\circ < \Delta\theta < 180^\circ$$

剖面上反映出正断性质,地层缺失;平面上地层重复(图1c)。

$$(2) 180^\circ < \Delta\theta < 270^\circ$$

剖面上反映出逆断性质,地层重复;平面上地层缺失(图2c)。

$$(3) 270^\circ < \Delta\theta < 360^\circ$$

$$①\alpha' > \beta'$$

剖面上反映出逆断性质,地层重复;平面上地层重复(图3c)。

$$②\alpha' < \beta'$$

剖面上反映出正断性质,地层重复;平面上地层重复(图4c)。

$$(4) 0^\circ < \Delta\theta < 90^\circ$$

$$①\alpha' > \beta'$$

剖面上反映出正断性质,地层缺失;平面上地层缺失(图5c)。

$$②\alpha' < \beta'$$

剖面上反映出逆断性质,地层缺失;平面上地层缺失(图6c)。

倾向错动

1. 正断层

(1) $90^\circ < \Delta\theta < 180^\circ$

剖面上地层缺失；平面上反映出右行性质，地层重复（图1 d）。

(2) $180^\circ < \Delta\theta < 270^\circ$

剖面上地层缺失；平面上反映出左行性质，地层重复（图2 d）。

(3) $270^\circ < \Delta\theta < 360^\circ$

① $a' > \beta'$

剖面上地层缺失；平面上反映出左行性质，地层缺失（图3 d）。

② $a' < \beta'$

剖面上地层重复；平面上反映出右行性质，地层重复（图4 d）。

(4) $0^\circ < \Delta\theta < 90^\circ$

① $a' > \beta'$

剖面上地层缺失；平面上反映出右行性质，地层缺失（图5 d）。

② $a' < \beta'$

剖面上地层重复；平面上反映出左行性质，地层重复（图6 d）。

2. 逆断层

(1) $90^\circ < \Delta\theta < 180^\circ$

剖面上地层重复；平面上反映出左行性质，地层缺失（图1 e）。

(2) $180^\circ < \Delta\theta < 270^\circ$

剖面上地层重复；平面上反映出右行性质，地层缺失（图2 e）。

(3) $270^\circ < \Delta\theta < 360^\circ$

① $a' > \beta'$

剖面上地层重复；平面上反映出右行性质，地层重复（图3 e）。

② $a' < \beta'$

剖面上地层缺失；平面上反映出左行性质，地层缺失（图4 e）。

(4) $0^\circ < \Delta\theta < 90^\circ$

① $a' > \beta'$

剖面上地层重复；平面上反映出左行性质，地层重复（图5 e）。

② $a' < \beta'$

剖面上地层缺失；平面上反映出右行性质，地层缺失（图6 e）。

当 $\Delta\theta = 0^\circ, 180^\circ$ 和 $\Delta\theta = 90^\circ, 270^\circ$ 时，分别为走向断层和倾向断层，均不在本文讨论之列，故不在此述及。

表1列出了上述24种情况下的断层效应。需要说明的是，这里仅分析了地面为水平时的断层效应，而没有加进地面坡度、坡向的因素，如考虑后者则表1就复杂了，这对实际应用也无裨益，实际上可以通过地形校正来弥补这一缺陷。

走向错动、倾向错动的断层效应

表1

断层与地层 的关系		走 向 错 动						倾 向 错 动					
		左 行			右 行			正 断			逆 断		
		剖面上	垂直钻	平面上	剖面上	垂直钻	平面上	平面上	垂直钻	平面上	平面上	垂直钻	平面上
		视位移	孔剖面	横穿断 层走向	视位移	孔剖面	横穿断 层走向	视位移	孔剖面	横穿断 层走向	视位移	孔剖面	横穿断 层走向
90°<Δθ<180°		逆 断	重 复	缺 失	正 断	缺 失	重 复	右 行	缺 失	重 复	左 行	重 复	缺 失
180°<Δθ<270°		正 断	缺 失	重 复	逆 断	重 复	缺 失	左 行	缺 失	重 复	右 行	重 复	缺 失
270°< Δθ< 360°	a'>β'	正 断	缺 失	缺 失	逆 断	重 复	重 复	左 行	缺 失	缺 失	右 行	重 复	重 复
	a'<β'	逆 断	缺 失	缺 失	正 断	重 复	重 复	右 行	重 复	重 复	左 行	缺 失	缺 失
0°< Δθ< 90°	a'>β'	逆 断	重 复	重 复	正 断	缺 失	缺 失	右 行	缺 失	缺 失	左 行	重 复	重 复
	a'<β'	正 断	重 复	重 复	逆 断	缺 失	缺 失	左 行	重 复	重 复	右 行	缺 失	缺 失

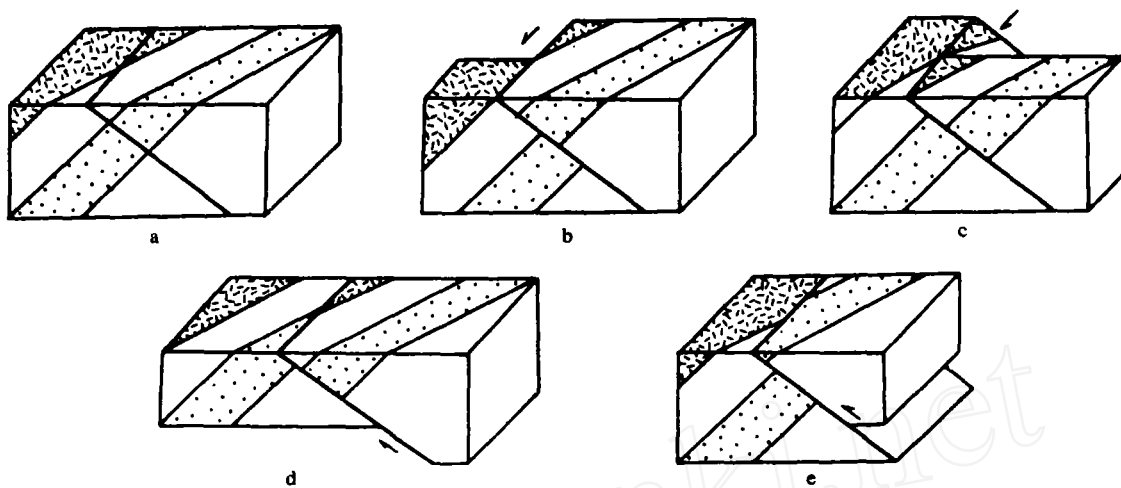


图1 $90^{\circ} < \Delta\theta < 180^{\circ}$ 时走向、倾向错动的断层效应图示

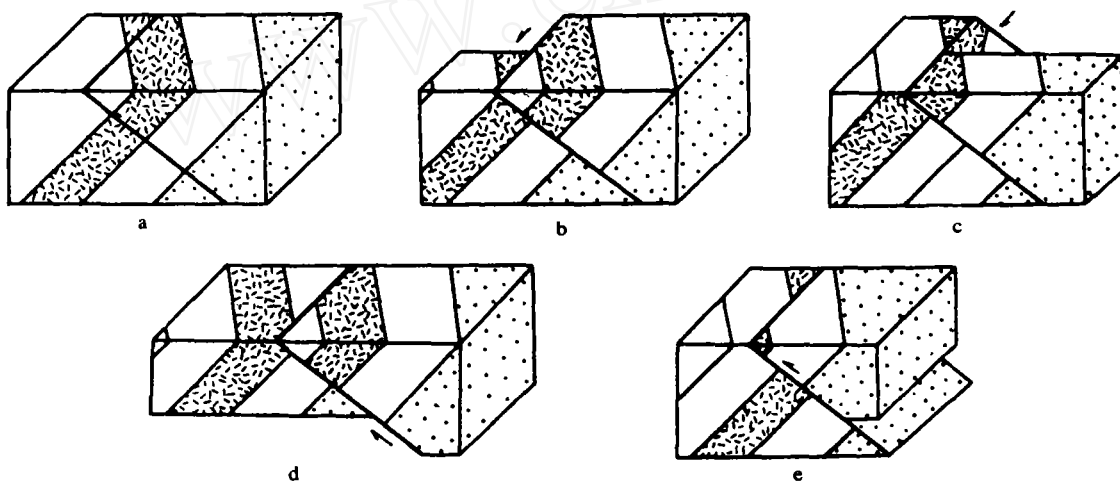


图2 $180^{\circ} < \Delta\theta < 270^{\circ}$ 时走向、倾向错动的断层效应图示

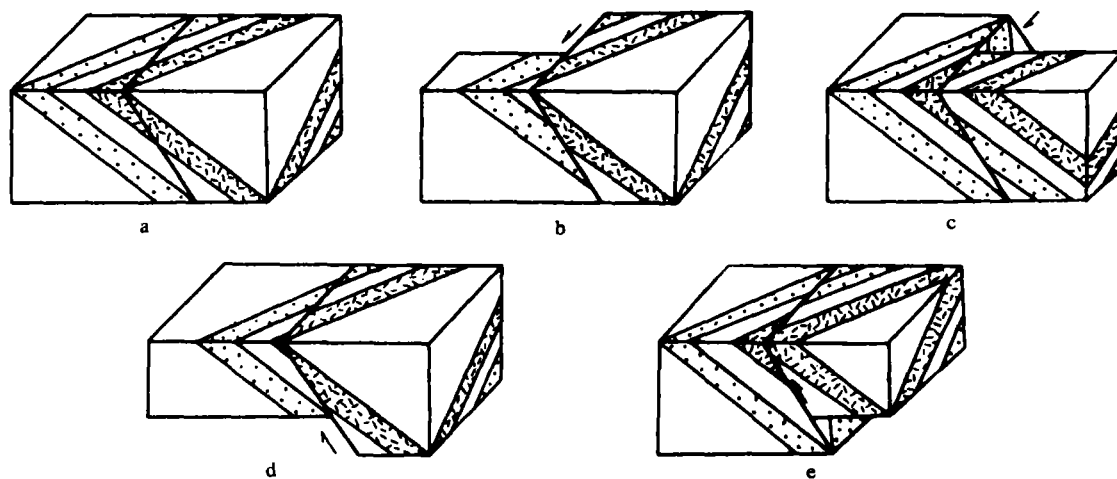


图3 $270^{\circ} < \Delta\theta < 360^{\circ}$, $\alpha' > \beta'$ 时走向、倾向错动的断层效应图示

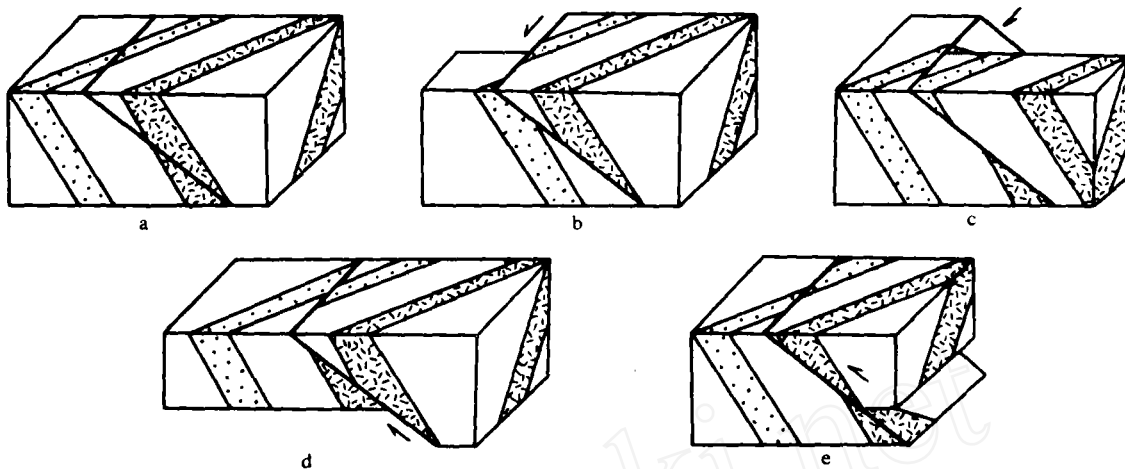


图 4 $270^{\circ} < \Delta\theta < 360^{\circ}$, $\alpha' < \beta'$ 时走向、倾向错动的断层效应图示

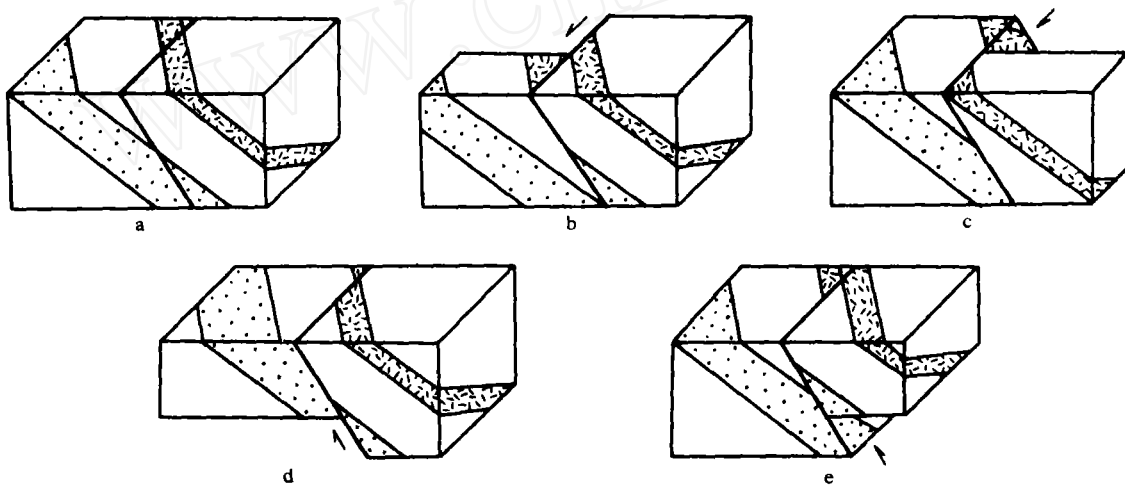


图 5 $0^{\circ} < \Delta\theta < 90^{\circ}$, $\alpha' > \beta'$ 时走向、倾向错动的断层效应图示

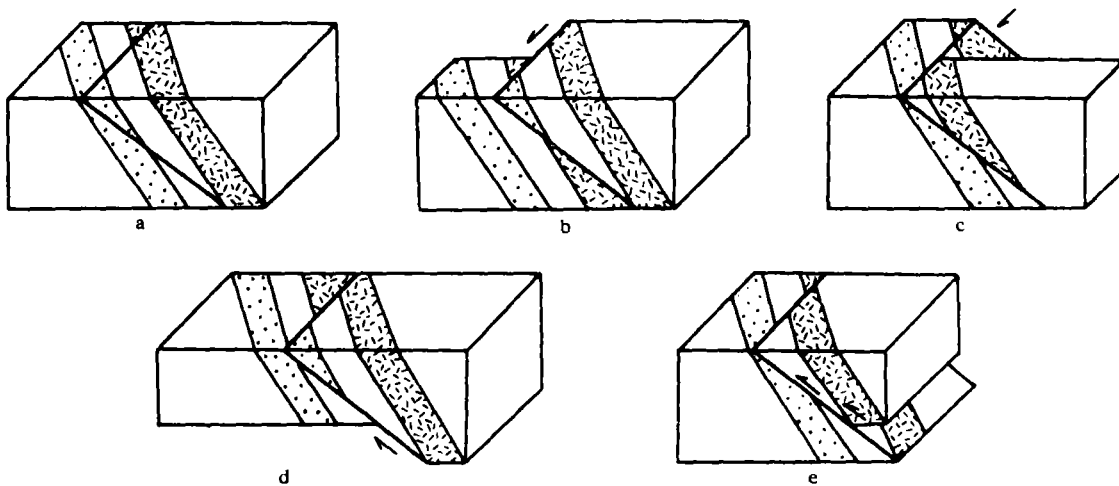


图 6 $0^{\circ} < \Delta\theta < 90^{\circ}$, $\alpha' < \beta'$ 时走向、倾向错动的断层效应图示

从表 1 中可看出, 第一行的左行平移断层 (图 1 b) 和逆断层 (图 1 e) 两种情况; 右行平移断层 (图 1 c) 和正断层 (图 1 d) 两种情况 (还有其他 10 对), 无论在剖面上还是在平面上, 它们的断层效应是两两对应一致的, 就是说仅仅以钻孔剖面 and 地面上的地层缺失重复关系来确定断层性质往往是不确切的。只有结合野外工作, 搜集岩石结构构造、断面擦痕等实际资料, 再来分析断层的性质, 才会符合客观实际。

斜向错动

斜向错动可看作走向错动和倾向错动的合成, 因而它兼有上述两类错动的断层效应。例如, $\Delta\theta$ 在 $180^\circ \sim 270^\circ$ 间时, 左行正断层的断层效应即为左行平

移断层与正断层的断层效应的迭加, 钻孔剖面上地层缺失, 平面上地层重复; 对于右行正断层, 它的断层效应则是右行平移断层与正断层的断层效应的迭加, 此时情况就变得复杂了, 这就与断层、地层产状和断层总位移方向 (位移的走向分量、倾向分量大小) 有关。

一般规律是:

1. 在断层面上, 总位移的侧伏角小于地层界线的同向侧伏角, 那么其断层效应以平移断层的效应为主 (图 7-1 中以 $270^\circ < \Delta\theta < 360^\circ$ 且 $\alpha' > \beta'$ 右行正断层为例, 余同); 反之, 则以正 (逆) 断层效应为主 (图 7-2)。

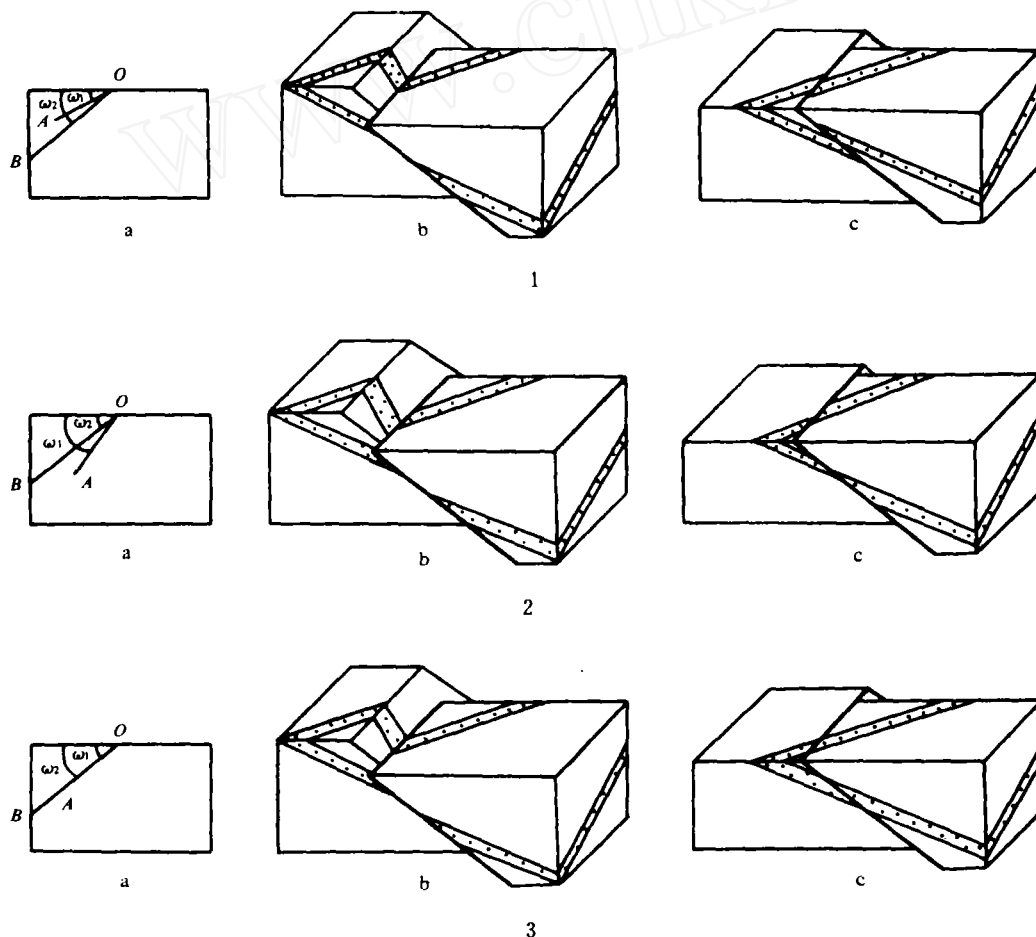


图 7 斜向错动的断层效应图示

1— $\omega_1 < \omega_2$; 2— $\omega_1 > \omega_2$; 3— $\omega_1 = \omega_2$; a—断面正视图; b—剥蚀前; c—剥蚀后;

OA—断层总位移方向; OB—地层界线; ω_1 —总位移之侧伏角; ω_2 —地层界线之侧伏角

2. 在断层面上, 如果总位移的侧伏角等于地层界线的侧伏角, 换句话说, 断层是沿着地层界线的侧伏

表 2

斜向错动的断层效应

断层与地层的关系	左行正断层						右行正断层						左行逆断层						右行逆断层					
	左行正断层			右行正断层			左行正断层			右行正断层			左行逆断层			右行逆断层			左行逆断层			右行逆断层		
	左行正断层		平面上(垂直断层走向)	右行正断层		平面上(垂直断层走向)	左行正断层		平面上(垂直断层走向)	右行正断层		平面上(垂直断层走向)	左行逆断层		平面上(垂直断层走向)	右行逆断层		平面上(垂直断层走向)	左行逆断层		平面上(垂直断层走向)	右行逆断层		平面上(垂直断层走向)
	钻孔	剖面	视位移	地层关系	钻孔	剖面	视位移	地层关系	钻孔	剖面	视位移	地层关系	钻孔	剖面	视位移	地层关系	钻孔	剖面	视位移	地层关系	钻孔	剖面	视位移	地层关系
$90^\circ < \Delta\theta < 180^\circ$	①	逆断	左行	缺失	①	正断	右行	重复	①	逆断	左行	缺失	①	逆断	左行	缺失	①	逆断	左行	缺失	①	逆断	左行	缺失
	②	正断	右行	重复	②	逆断	左行	缺失	②	正断	右行	重复	②	逆断	左行	缺失	②	正断	右行	重复	②	逆断	左行	缺失
$180^\circ < \Delta\theta < 270^\circ$	①	正断	左行	重复	①	逆断	右行	缺失	①	正断	左行	重复	①	逆断	右行	缺失	①	正断	左行	重复	①	逆断	右行	缺失
	②	逆断	右行	缺失	②	正断	左行	重复	②	逆断	右行	缺失	②	正断	左行	重复	②	逆断	右行	缺失	②	正断	左行	重复
$270^\circ < \Delta\theta < 360^\circ$	①	正断	左行	缺失	①	逆断	右行	缺失	①	正断	左行	缺失	①	逆断	右行	缺失	①	正断	左行	缺失	①	逆断	右行	缺失
	②	逆断	右行	重复	②	正断	左行	重复	②	逆断	右行	重复	②	正断	左行	重复	②	逆断	右行	重复	②	正断	左行	重复
$0^\circ < \Delta\theta < 90^\circ$	①	逆断	左行	重复	①	正断	右行	缺失	①	逆断	左行	重复	①	正断	右行	缺失	①	逆断	左行	重复	①	正断	右行	缺失
	②	正断	右行	缺失	②	逆断	左行	重复	②	正断	右行	缺失	②	逆断	左行	重复	②	正断	右行	缺失	②	逆断	左行	重复

表中①、②分别为总位移在断面上的侧伏角小于或大于地层界线侧伏角(同向)的两种情况。

方向错动的,那么在水平面上和直立剖面上将没有视位移(图7-3)。

因为走向错动、倾向错动可看作斜向错动的特例(总位移的侧伏角分别等于 0° 和 90°),所以,上述两条同样也适合于走向错动、倾向错动的情形。

依据上述规律,参照表1,我们将斜向错动的断层效应列表成表2。

例如,在野外量得一性质不明断层的产状为 $90^\circ \angle 60^\circ$,断面上擦痕的侧伏角为 $47^\circ S$,其相对运动方向难辨;地层产状为 $210^\circ \angle 45^\circ$,平面上显示右行效应,钻孔内发生地层重复。根据表2分析,在 $180^\circ < \Delta\theta < 270^\circ$ 一栏中(本例属此)平面上显示右行而钻孔剖面上地层重复有三种可能,但根据擦痕判断本例不可能是右行逆断层。再作赤平投影得地层界线在断面上的侧伏角约是 $38^\circ S$,由于擦痕(代表着总位移的方向)的侧伏角大于 38° ,因此可确定该断层为一左行逆断层(地面上的右行乃是一种假象)。

当然,在实际工作中,地质情况还要复杂得多,诸如地表坡度的影响;断层、地层局部弯曲的影响;其他构造迭加的影响等。这就需要细致搜集资料,认真综合分析,不同情况区别对待。本文仅从理论上对斜向断层的断层效应作了初步的分析归纳,冀能起到抛砖引玉的作用。

最后,向对本文给予指导的董士尤同志谨致谢意。

参考文献

- [1] M. P. 毕令斯(张炳喜等译):构造地质学,地质出版社,1965,144~167页
- [2] 武汉地院等四院校合编:构造地质学,地质出版社,1979,112~143页
- [3] 董士尤:走向断层性质的判断及其实用意义,浙江大学学报,1983, No 1, 64~72页