

第八章 区域性大断裂

在区域挤压、拉伸及剪切作用下形成的大型逆冲断层(推覆构造)、伸展断层和走滑断层,对于区域地质构造研究具有特殊重要地位。这些构造往往是不同地质构造单元的分界,在研究区域构造演化历史及找矿实践方面具有重要的理论和实际意义。

第一节 逆冲推覆构造

自逆冲断层发现以来的 100 多年里,逆冲推覆构造一直是构造地质学家关注的焦点问题之一。20 世纪 70 年代中期在南阿巴拉契亚造山带前陆逆冲推覆构造和落山基逆冲断层之下发现油田,更促进了人们对逆冲推覆构造研究的巨大兴趣,并在逆冲推覆构造的组成、结构以及形成机制方面取得了重大进展。

一、逆冲推覆构造的基本特征

1. 逆冲推覆构造是由低缓的逆冲断层面($\angle 30^\circ$)及上盘推覆体组成的,推覆距离 $>5\text{km}$ 。
2. 推覆体为远处推来的岩片。

如果推覆体经剥蚀之后,呈孤岛状分布在原地岩块之上,即为断层圈闭的外来岩块,称为飞来峰。

如果推覆体受剥蚀后露出原地岩块,那么被断层圈闭的原地岩块,称为构造窗。

飞来峰前缘至构造窗后缘之间的距离,为推覆构造最小推覆距离。

3. 逆冲断层具有台阶式的结构,即由长而平的断坪(Flat)与连接其间的短而陡的断坡(Ramp)交替构成。断坪在岩性较弱的岩层中顺层发育,断坡在强硬层中呈较陡倾角切穿强硬层。

二、逆冲断层的组合型式

1. 单冲型:由产状相近并向一个方向逆冲的数条逆冲断层构成的断层组合。它们表现为一系列断层从底板向上分支形成扇状构造,或称为叠瓦状构造。虽然每条断层的位移可以不大,但一系列叠瓦断层集合的位移可以很大。

在叠瓦构造中,若最大位移出现在前缘断层,称为前导主叠瓦扇;如果最大位移的断层发育在后缘,称为尾叠瓦扇。

2. 背冲型:自一个构造单元的中部分别向外缘逆冲的两套叠瓦式逆冲断层,构成背冲型逆冲断层系。背冲型中两套逆冲断层一般是在同一构造应力场中形成。

3. 对冲型:两套叠瓦式逆冲断层,对着一个中心相对逆冲。对冲型逆冲断层常与盆地伴生,两套逆冲断层自盆地两侧向盆地中心逆冲。如塔里木盆地南、北缘发育的对冲式逆冲断层。

三、逆冲推覆构造的结构

1. 双重逆冲构造

双重逆冲构造或称为双冲构造(Duplex),是逆冲推覆构造中具有普遍性的结构型式。双重逆冲构造是由顶板逆冲断层与底板逆冲断层及夹于其中的一套次级叠瓦式逆冲断层和断夹块(或称之为马石)组合而成。

顶板逆冲断层常由次级叠瓦式逆冲断层向上趋近并相互联结构成。底板逆冲断层由各段逆冲断层向下相互联结构成。各次级逆冲断层围限的断夹块常呈透镜状,为断层所包围。双重逆冲构造的顶、底板逆冲断层在先锋和后缘汇合,构成一个封闭系统。顶底冲断层的上覆及下伏岩层常由变形相对微弱的某一特定岩层组成,其产状相对平缓。

2. 冲断褶隆

冲断褶隆(Culmination)是指逆冲作用过程形成的穹状隆起。冲断褶隆常见于逆冲岩席经断坡爬升至上一滑动面于断坡上形成的背形式构造。

3. 反冲断层

在向某一方向逆冲的逆冲断层系中,常出现与总体逆冲方向相反的逆冲断层(Backthrust)。它主要发育于逆冲断层的先锋部位和断坡后侧。在应变弱的断坪上也可以发育反冲断层。有些反冲断层向下产状变陡,甚至再转为与逆冲方向一致。由于反冲作用,会形成冲起构造和构造三角带。

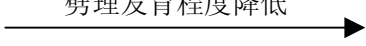
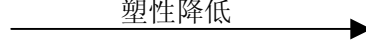
4. 冲起构造或突发构造(Pop up)是逆冲断层与反冲断层构成背冲式构造的汇合部位,它是在两条冲断层围限的岩层因强烈挤压而上冲形成的构造。

5. 构造三角带(Triangle zone)是逆冲断层、反冲断层和底板逆冲断层三向围限的部位,即构成变形强烈的构造三角带。

四、逆冲推覆构造的分带

逆冲推覆构造的不同部位在结构、构造及变形程度上均有差异。逆冲推覆构造在逆冲方向上可分为根带、中带和锋带三个主带,以及相关的后缘带和外缘带。后缘带位于根带的后侧,外缘带位于锋带的前侧。这两个带虽不是逆冲推覆构造的主体,但也受到逆冲推覆作用的影响。

逆冲推覆构造各带变形特征表
Deformation in different zones of thrust system

	后缘	根带	中带	锋带	外缘
应力状态	拉伸为主	挤压为主	单剪为主	挤压为主	挤压渐变弱
断层及其相关褶皱	正断层;犁式正断层及其伴生的滚动背斜;张节理带	平行逆断层或辫状高角度断层;网结状构造;两翼紧闭轴面陡立的复杂褶皱	叠瓦扇和双重逆冲构造;断弯褶皱、断展褶皱;冲起构造和构造三角带	叠瓦扇;反冲断层;断弯褶皱、断展褶皱、滑脱褶皱;	逆断层和少数正断层、反冲断层
定向性	不明显	显示定向性	定向明显	较明显	明显—不明显
劈(节)理发育状况	张节理发育	板劈理或折劈理发育(塑性)、节理发育(脆性)			节理发育
变形性状	脆性	塑性、弹塑性、脆性			脆性

五、逆冲推覆构造的扩展方式

逆冲推覆构造一般成叠瓦扇或双重逆冲构造。叠瓦扇或双重逆冲构造中的各条逆冲断层是一次构造作用中同时形成的?还是以一定顺序发育的?扩展的方向如何?这些问题一直是构造地质学家探讨的课题之一。

褶皱造山带前陆中的逆冲推覆构造,总是自造山带或腹陆向前陆运移。其中各条逆冲断层或各个推覆体的扩展,有两种方式:一是腹陆向前陆扩展;另一是自前陆向腹陆扩展,前者称为前展式或背驮式(piggyback propagation),后者称为后展式或上叠式(overstep propagation)。

六、逆冲推覆与褶皱

逆冲推覆构造总是和褶皱构造相伴生,因此两者的关系长期为构造地质学家所关注。

1. 逆冲推覆构造与褶皱关系的两种认识

一是褶皱作用导致逆冲推覆构造;

二是逆冲推覆构造控制褶皱作用。

前一种观点是海穆(1921)研究阿尔卑斯推覆体时首先提出来的。其基本观点是强烈的水平挤压引起岩层褶皱,随着褶皱变形的增强,褶皱轴面由直立→歪斜→倒转以至平卧。在倒转翼的拐点处因拉薄而断裂,进而在断裂面上逆冲推覆,形成典型的褶皱推覆体。

海穆的褶皱导致逆冲推覆的观点曾广为流行,一直是解释造山带逆冲推覆构造和与之伴生的褶皱形成的经典学说。

70年代以来,随着逆冲推覆构造的深入研究,人们对造山带以及前陆的逆冲推覆构造的形成机制有了新的认识,提出了逆冲推覆引起褶皱作用的观点。逆冲推覆构造的逆冲岩席体在推移过程中,从一个低位断坪经断坡爬升到高位断坪时,在断坡上形成以背斜为主的褶皱。这种背斜一般是不对称的,与运动方向一致的前翼较陡,后翼较缓。随着逆冲推覆作用,背斜不断扩大,形成平顶或箱形构造,进而形成侏罗山式褶皱。

2. 逆冲推覆引起的三种褶皱作用

贾米森(Jamison, 1987)对单个褶皱的发育的几何学作了较全面的分析和模拟。他根据逆冲推覆带中褶皱与断层的相互关系,将褶皱作用分为三类:断弯褶皱作用、断展褶皱作用和断滑褶皱作用。

断弯褶皱作用是逆冲席体在爬升断坡过程中引起的褶皱作用,其与断坡密切相关。

断展褶皱作用也与下伏逆冲断层的断坡密切相关,不过褶皱形成于逆冲断层的终端,而且是在断坡形成同时或近于同时发生的。

断滑褶皱作用与断展褶皱作用相似,也产于断层终端,所不同的是与下伏逆冲断层的断坡无关,而是顺层滑脱的结果。

第二节 伸展构造

伸展构造是在区域引张作用下形成的构造。纵观全球构造,挤压作用和引张作用总是同时或交替出现的,是时间和空间上紧密相关的两个方面。

要大。”

一、裂谷

1. 概念:裂谷(rift)一词首先是由 J W Gregory 于 1894 年在研究东非裂谷时提出的。裂谷是岩石圈板块作背离水平运动或地幔隆起时地壳中发育的断陷谷。

按照裂谷发育的区域构造部位及其地质构造特征,可分为:

大陆裂谷,如东非裂谷;

陆间裂谷,如红海—亚丁湾裂谷;

大洋裂谷,如大西洋中脊的裂谷。

这三类裂谷相当于裂谷自早期至晚期的三个发展阶段,但并非所有的大陆裂谷都能演化成大洋裂谷。

2. 大陆裂谷有如下特征:

(1) 地壳有所减薄,岩石圈因伸展明显减薄,莫霍面向上隆升。

(2) 构造上主要表现为一系列正断层为主的地堑、半地堑组成的复杂地堑系。地貌上表现为断陷谷和断陷盆地;

(3) 裂谷常常沉积一套巨厚的(可达几千米)的陆源碎屑岩系,常伴有火山熔岩和火山碎屑岩沉积,并为双峰系列,可以是流纹岩—拉斑玄武岩;也可以是响岩或粗面岩—碱性玄武岩。

(4) 裂谷带内部的地球物理场一般表现为巨大的负布格重力异常和负磁异常,或者为负背景值上的正异常。裂谷边界一般表现为明显的重力梯度带和磁力梯度带。大陆裂谷也是浅源地震带和高温流带。

(5) Le Pichon(1973)认为,玄武岩层下普遍存在着波速较低的壳幔物质混合组成的熔岩裂谷垫。

二、拆离断层

1. 拆离断层(detachment fault)一词是阿姆斯特朗(R L Armstrong, 1972)在研究北美西部科迪勒拉山脉“盆岭区”伸展构造时首先提出的,指的是大型低角度正断层,它使较浅层次的年青地层直接覆盖于较深层次的老地层之上。

2. 变质核杂岩:由于岩石圈的伸展、拆离、基底隆升和地表的剥蚀作用使地壳深部的岩石逐渐上升而出露地表,这套深部岩石称为变质核杂岩。

3. 拆离断层的特点:

(1) 拆离断层一般产于基底和盖层之间,其上为拆离上盘,其下为拆离下盘。上盘是一套浅层次的正断层组合(阶梯状构造、半地堑、盆岭构造),下盘为变质核杂岩(体)。

(2) 上盘岩块经历了相当大距离的迁移,实际上是一种“异地岩块”,称为滑覆体;下盘的变质核杂岩是由老片麻岩等组成的穹状隆起,外形近圆形,常有岩体侵入,更深部则常有基性岩和岩墙群贯入。

(3) 拆离断层上、下盘的变形行为明显不同,上盘为脆性伸展变形,下盘为韧性变形,形成糜棱岩带,其厚度变化较大,由数十米至数公里。

(4) 拆离断层的构造岩常显示序列变化,糜棱岩→碎裂绿泥石化糜棱岩→掺有糜棱岩碎粒的碎粉岩和碎斑岩→角砾岩。由于拆离断层活动并不限于同一层位或同一接触带上,因此是一条宽厚的剪切带,上述断层岩序列可出现穿插和倒序现象。

4. 拆离断层和变质核杂岩(体)的主要标志

- (1) 成穹状产出的古老岩系及其与覆盖层接触处的糜棱岩带;
- (2) 盖层与基底间的滑脱断层现象, 如盖层底部的地层缺失和断层岩;
- (3) 盖层中顺层断层及正断层组合, 表现在地层受到拉伸减薄、滑动破碎以及正断层控制拉伸盆地等。

5. 拆离断层与拉伸盆地

随着基底的构造演化, 基底结构之上的沉积堆积体(沉积盆地内)参与变形。与此相关的盆地由起控制作用的基底、沉积壳和变形的沉积壳(即盖壳)以及上覆未变形或弱变形的上部盖壳组成。盖壳变形与沉积作用相配合, 从而使沉积盆地发展受构造作用控制。根据断层构造系统与沉积盆地关系, 划分沉积盆地为不同的构造类型。

(1) 断坡、断坪(阶梯状)断层控制的拉伸盆地

由阶梯状拆离断层的倾斜滑移作用而发展起来的拉伸盆地, 一直受着拆离断层活动的控制。

(2) “多米诺”断层系控制的拉伸盆地

贯穿某些拉伸盆地内的“多米诺”断层系是在一条底板拆离断层上拆离出来的。由于“多米诺”断层上的拉伸作用, 在使地壳迅速减薄的同时也会使断层逐渐变缓。

(3) 拆离断层与碟状盆地和上盘向斜盆地

碟状盆地(Say basin)是在底板拆离断层没有发生明显拉伸作用而发展起来的, 横剖面上表现为简单盘状形态的盆地。这种碟状盆地是由于某种作用使岩石圈下部物质迁走而又未使盆地所在处地壳上层发生拉伸形成的。

上盘向斜盆地形成在因地壳中部层位拆离断层拉伸作用而使地壳变薄的位置上, 这种向斜形式出现在中部地壳的断坡之上浅部层位中。

第三节 走向滑动断层

走向滑动断层(走滑断层), 这类断层的断层面或断层带陡立, 常为直立, 断层面的运动主要是水平(走向)方向。此类断层有许多名字, 如擦断层、扭断层、平移断层等。据目前研究发现, 走滑断层和具有斜滑移分量的走滑断层相当普遍, 并在区域构造中具有重要意义。

一、走滑断层主要特征

1. 走滑断层因断层面陡立而平直, 断层常呈直线状延伸, 即使切过起伏很大的地形仍保持直线状, 因此在航卫片上显示良好线性。
2. 走滑断层产出有两种型式: 一是多条断层呈平行条带状产出, 这种类型可能包括一系列与主断层相平行或微小角度的次级断层, 各级断层分叉交织; 二是多条断层相交呈共轭型式产出, 其所夹锐角经常为 60° 左右, 并常朝向压缩方向, 两组的运动方向常常相反。
3. 在走滑断层的两侧可能产生各种各样的次级构造, 从沉积盆地或隆起、大型褶皱直到各类的次级断裂, 这些有关的构造比较复杂。
4. 走滑断层的最大位移一般出现在该构造的中央部位, 朝断层两端位移逐渐减小, 常通过变为次级断层而终止。而转换断层(属走滑断层另一类), 其位移在整个断层上保持不变。
5. 走滑断层发育在两大地质背景中。其一以规模较小的构造发育在地壳浅部层次; 其二是更重要的一类, 即区域性规模的走滑断层, 并穿透地壳, 发育在现代或古板块的边界上, 具有较大规模的位移。

二、与走滑断层相关的构造

1. 雁列式走滑断层重叠区构造

雁列式断层的相对运动造成两断层之间的岩石发生特殊的应变并形成与主断层斜交的褶皱与断层, 如果断层上的运动为单剪切, 则形成的褶皱轴迹和断层与主断层以 $40^\circ - 45^\circ$ 斜交。

受挤压区域形成次级褶皱和逆冲断层。随着断层带进一步运动, 最初形成的褶皱向主断层方向旋转。

受拉伸区域而形成次级与主断层斜交的正断层系, 它们因走滑断层带的进一步的运动, 可以增大最初与主断层的夹角($45^\circ - 50^\circ$)。

2. 主断层面弯曲产生的构造

在主断层面弯曲情况下, 沿断层的局部剪切位移, 产生局部挤压与拉张带。因此产生相应的褶

皱和断裂，以及挤压脊和拉分盆地等构造。

走滑断层面弯曲处形成转换挤压带。这种挤压作用通过产生逆冲断层和褶皱地段垂向抬升而释放，从而导致小型挤压脊、冲断褶皱带以及菱形地垒和区域规模的上升地体。

走滑断层面弯曲处形成转换拉张带。这种拉张作用通过形成正断层系地段垂向下降而释放，从而导致形成地表小凹陷、断陷湖，以及大规模地壳拗陷形成拉分盆地和菱形地堑。

3. 两条走滑断层相交切引起的构造

当走向不同且滑向相反的两条走滑断层相互交切时，形成平面上的楔形岩块。若楔形岩块向楔顶滑动则引起挤压，并使楔形岩块隆起；若楔形岩块离开楔顶方向滑动，引起楔形岩块下降而形成拉伸盆地。

4. 走滑断层伴生的褶皱

当走滑断层两盘相对运动时，断层两侧地层在剪切应力作用下形成一系列褶皱和牵引弯曲。

(1) 雁列褶皱：雁列褶皱在走滑断层的一侧或两侧地块中经常出现，是走滑断层伴生的主要构造类型。雁列褶皱轴以小角度与走滑断层相交，多以背斜形式出现，褶皱轴方向代表局部拉伸方向。雁列褶皱远离主断层逐渐消失。在隐伏走滑断层之上的盖层中，也常见雁列褶皱出现。

(2) 牵引弯曲

在走滑断层的一侧或两侧，常发生岩层的牵引弯曲，弯曲的突向指示该盘滑向，在较大型牵引弧形弯曲内常包含有陡倾伏的褶皱。著名的新西兰阿尔卑斯走滑断层的东南部发育了巨大的牵引弧形弯曲。

5. 走滑断层的次级剪切破裂(吕德尔剪切)

走滑断层常常伴随有大量的次一级剪切构造。最重要的是吕德尔(Riedel)剪切，它是根据铺在一对刚性板上沿直立面滑动的粘土层所进行的实验看出来的(Cloos, 1928; Riedel, 1929)。

当剪切面为左行位移时，吕德尔剪切 R1 和 R2 分别为左、右行指向，与主剪切面的夹角分别为 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ ($\phi/2$)、 $75^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ($90^{\circ} - \phi/2$)。

三、走滑断层与转换断层

转换断层是威尔逊(J T Wilson, 1965)研究洋底构造时提出来的一类大型走滑断层。转换断层切穿岩石圈并作为板块边界。转换断层主要与洋脊的扩张有关。转换断层的终端与板块边缘的其它构造(扩张脊、俯冲带)相联结，相对刚性板块藉以能互相运动而保持地球表面积不变(Wilson, 1965)。

正常的走滑断层与转换断层之间尽管有某些几何特征相似，但 Freund(1974)认为两者有重大差异。

走滑断层与转换断层构造特征鉴别表

走 滑 断 层	转 换 断 层
1. 以位移逐渐减小或转化为其它性质的分支断层而终止	1. 在特殊的伸展性或收缩性构造处突然终止
2. 位移有变化且向其终止处变小	2. 沿断层位移相等
3. 位移小于断层长度的 20%	3. 位移量无限制
4. 相邻平移断层有相似的位移方式	4. 相邻平行断层可以有相反位移方式
5. 形成大陆板块中内部应变型式的一部分	5. 形成于板块接触处，并见于洋-洋，洋-陆和陆-陆板块边界