

冲断推覆构造

THRUST & (下册)

NAPPE TECTONICS

N·J·普赖斯 K·R·麦克莱 合编
长庆石油勘探局科委 翻译
甘肃石油学会会长庆分会



译者前言

《冲断推覆构造》下册译自1981年麦克莱和普赖斯教授编辑出版的《冲断推覆构造》一书的第三部分。该书的第一、二部分共18篇文章论述的是冲断推覆的力学研讨和冲断推覆过程中的岩石产物，这些文章包括在上册译本中（《冲断推覆构造》上册已于1984年9月由甘肃人民出版社出版）。

本书下册共27篇文章，讲的是对世界各地的冲断推覆构造的实例研究成果。研究范围从旧大陆到新大陆，从斯堪的纳维亚半岛和不列颠群岛的加里东推覆构造、法国和瑞士的阿尔卑斯推覆体，经过了土耳其—伊朗的山脉褶皱、喜马拉雅山、经过日本海和班达海的年青俯冲地带，到北美洲的科迪勒拉冲断带、阿巴拉契亚冲断带、最后到南美洲南部的安第斯冲断系。在这些文章中通过对具体地区的构造研究进一步探讨冲断推覆的形成机制和表现特征。这对我们了解国外冲断构造和分析国内冲断构造无疑是有重要参考价值的文献。

下册由长庆石油勘探局科委组织翻译，参加翻译的有长庆石油勘探局、北京石油勘探开发研究院、西北大学地质系、华东石油局地质研究大队四个单位共十名同志。译文校对主要由长庆局勘探开发研究院情报室承担，总校审由张伯荣负责。本书出版发行是在长庆局勘探开发研究院组织下进行的。

借此下册出版之际，译者谨向支持、关心本书出版的同志表示敬意，向为此做了辛勤劳动的同志表示感谢。译文中存在的不当之处，恳请读者指正。

本书译者：

长庆石油勘探局：杨俊杰、张伯荣

北京石油勘探开发研究院：甘克文

西北大学地质系：赵重远、汤锡元等

华东石油局地质研究大队：殷耀南

目 录

加里东造山带

- 推覆体内部的几何形态: 移位的标准模式.....M. A. Cooper (1)
- 挪威北部芬马克一个大型冲断层上的应变剖面..... N. J. Milton G. D. Williams (12)
- 莫因冲断带综述..... K. R. McClay M. P. Coward (17)
- 加里东褶皱带中的构造滑动..... D. H. W. Hutton (42)
- 利用异时性和走向滑动段估算造山带侧向缩短的绝对量和速度
..... W. E. A. Phillips (49)
- 冲断席内的应变..... M. P. Coward (59)

阿尔卑斯

- 海尔威推覆体的构造..... J. G. Ramsay (84)
- 侏罗山滑脱构造的三维分布..... H. P. Laubscher (103)
- 海尔威推覆体的褶皱和冲断构造 (瑞士东部) O. A. Pfiffner (112)
- 法兰西阿尔卑斯外多芬内带冲断层发育的观察..... A. Beach (123)
- 滨海阿尔卑斯的重力滑动..... R. H. Graham (130)

欧亚地区

- 西欧华力西弧的缝合线、冲断层和推覆体——板块构造的启示
..... Ph. Matte J. P. Burg (150)
- 土耳其西南安塔利亚杂岩: 沿中—新生代陆缘与冲断作用有关的扭断层
..... N. H. Woodcock A. H. F. Robertson (157)
- 巴基斯坦杰曼转换带冲断层和走滑断层的相互作用
..... R. D. Lawrence S. H. Khan K. A. DeJong A. Farah R. S. Yeats (162)
- 活动冲断层与扎格罗斯褶皱带的演化
..... J. A. Jackson T. J. Fitch D. P. McKenzie (173)
- 喜马拉雅冲断层和推覆体概况..... V. C. Thakur (183)
- 现代聚敛边缘地震资料的多解性: 以日本海沟 IPOD 横剖面为例
..... R. von Huene M. Arthur B. Carson (197)
- 班达弧—澳大利亚边缘碰撞带大范围掩冲的几何问题及含义
..... M. G. Audley-Charles (212)
- 新几内亚前弧的晚第三纪冲断移位..... J. Milsom (225)

美洲部分

- 加拿大南落基山科迪勒拉前陆冲断褶皱带..... R. A. Price (233)
- 加拿大北落基山大型“隐蔽”冲断层的特征及意义..... R. I. Thompson (253)

加拿大东南科迪勒拉变质复合体及其与前陆冲断的关系.....	R. L. Brown (270)
阿尔伯达省芒亭帕克附近落基山麓的冲断推覆体	
.....	H. A. K. Charlesworth W. E. Kilby (283)
美国华盛顿州西部两个中生代断裂带的变形型式	
.....	D. S. Cowan R. B. Miller (292)
北美阿巴拉契亚造山带的冲断层和推覆体.....	R. D. Hatcher Jr (302)
穿过冲断层的 COCORP 地震反射剖面.....	J. A. Brewer
	F. A. Cook L. D. Brown J. E. Oliver S. Kaufman D. S. Albaugh (311)
南美南部安第斯山前陆褶皱带基底缩短机制.....	A. Winslow (322)

推覆体内部的几何形态：移位的标准模式

M. A. Cooper

提要：冲断席和褶皱推覆体的几何形状和地层性质受其产生和移位的机制所控制。由重力滑动产生的冲断席，因底冲断层在尾端切割上部剖面，使内部地层截断。相反，由重力伸展产生的冲断席，其内部地层被上覆冲断席所截断，它们的底部断层切割前部的上部地层。褶皱推覆体几何形状复杂，相邻推覆体之间的地层难以对比。由不同机制产生的冲断席和褶皱推覆体，其基本几何形状和地质性质可用来检验在特定造山带地区这些机制适用性的标准。阿巴拉契亚的塔岭地区具有与重力伸展产生的冲断席相一致的几何形状和地层性质。中央斯堪的纳维亚半岛加里东褶皱带的西部推覆体更加复杂，但是具有由造山带下层结构浮升而形成的性质。但是除了地质资料以外，造山带缺乏根据地球物理及钻井资料建立的详细横剖面。单独的地质资料解释常常过分依赖于各个有关人员由选用的机制粉饰了的主观资料。

自从Heim (1921) 关于阿尔卑斯的经典著作发表以来，推覆体产生的原因和移位的机制问题非常受人注意。其处理方法不一，从精细的理论分析 (Hubbert 和 Rubey, 1959 ; Elliott, 1976 a.b; Chapple, 1978), 至实验模拟 (Bucher, 1956; Ramberg, 1966) 以及为说明细致填图区地质而发展起来的经验模式 (Van Bemmelen, 1966; Price 和 Mountjoy 1970; Scholten, 1973; Milici, 1975; Gee, 1978)。本文中，我试图论证冲断席和褶皱推覆体由于形成机制不同其几何形状和地层特性有什么不同。我所用的推覆体一词含义相当宽，包括冲断席和褶皱推覆体，其定义是任何一个已发生运动的大型岩体，下伏为一构造不连续带。

冲 断 席

此处冲断席的定义是下伏有冲断面的岩体，其内部没有因发生大规模褶皱而使地层严重重复。现已提出两种比较重要的重力移位的理论 (图1)，两种都消耗重力势能：(1) 重力滑动 (Lugeon 和 Gagnebin, 1941; Hubbert 和 Rubey, 1959) 是冲断席以低坡度角在滑脱面上向下的移动；(2) 重力伸展 (Bucher, 1956; Price 和 Mountjoy, 1970) 是冲断席由于被较早的和构造上较高的冲断席所加负载而向前陆成系列的发展。

1. 重力滑动

早期阿尔卑斯的地质工作者认为阿尔卑斯大冲断席的特征因挤压力而发生了移位。但这在力学上是困难的，因为使冲断席发生移位的挤压力(Smoluchowski, 1909; Hubbert 和 Rubey, 1959) 不可能使整个冲断席移动较大的距离。因此，挤压力只在冲断席内部产生局部变形，而不是移动 (Hubbert, 1937、1951; Ramberg, 1977)。有的早期阿尔卑斯地质学家理解

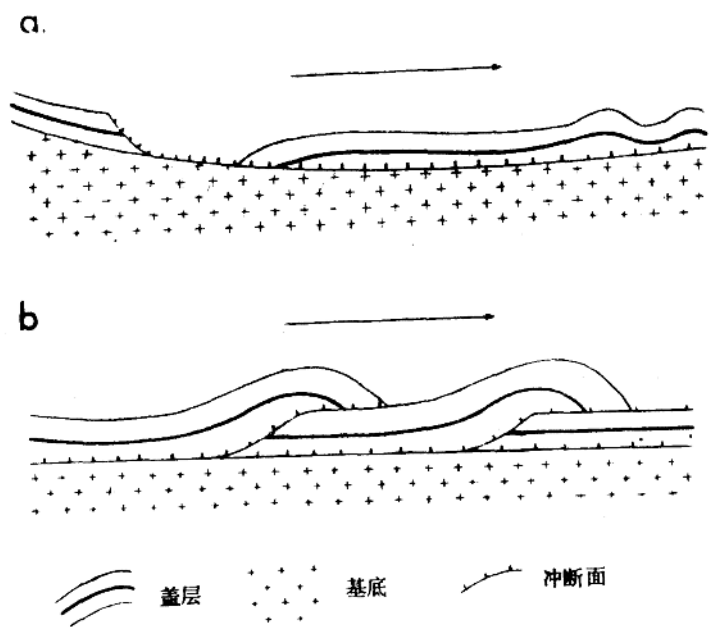


图1 表示由重力滑动产生的冲断席和由重力伸展产生的冲断席之间的基本区别
 (a) 重力滑动，注意内部地层是如何被底冲断层截断的，底板冲断层倾斜向着转移方向。
 (b) 重力伸展，注意内部地层是如何被上覆冲断席所截断的，底板冲断层倾斜方向与转移方向相反。

这种机制存在的问题，如 Schardt (1898)，并发现了重力滑动移位机制。但是，克服移动阻力的问题是后来经各种理论模拟解决的，这些包括由高孔隙流体压力而减小滑行摩擦(Hubbert 和 Rubey, 1959)，以及冲断席在“软”地层(滑脱层)上或者沿不连续剪切窄带移动(Van Bemmelen 1966)，或者沿散布的宽剪切带移动 (Kehle, 1970)。

阿尔卑斯的外海山推覆体说明由重力滑动移位的冲断席的主要几何特性 (Lugeon 和 Gagnebin, 1941; Badoux, 1963; Lemoine, 1973)。似乎没有外海山推覆体的详细复原

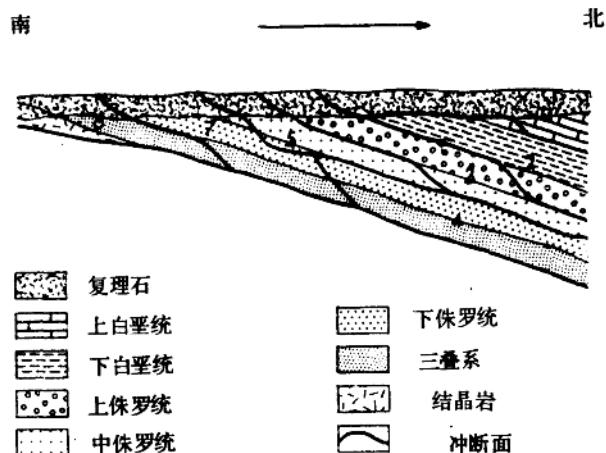


图2 科尔斯带的外海尔威推覆体复原示意图 (据Badoux 1963)

1. 普来因莫特推覆体, 2. 安赞德推覆体, 3. 萨克斯莫特推覆体, 4. 贝克斯推覆体, 5. 阿尔维斯推覆体, 6. 米勒特推覆体, 7. 查莫萨尔推覆体。箭头指推覆体在移位过程中的移动方向。最年轻的岩石组成普来因莫特推覆体首先被移位, 目前在构造顺序上是最下面的推覆体。

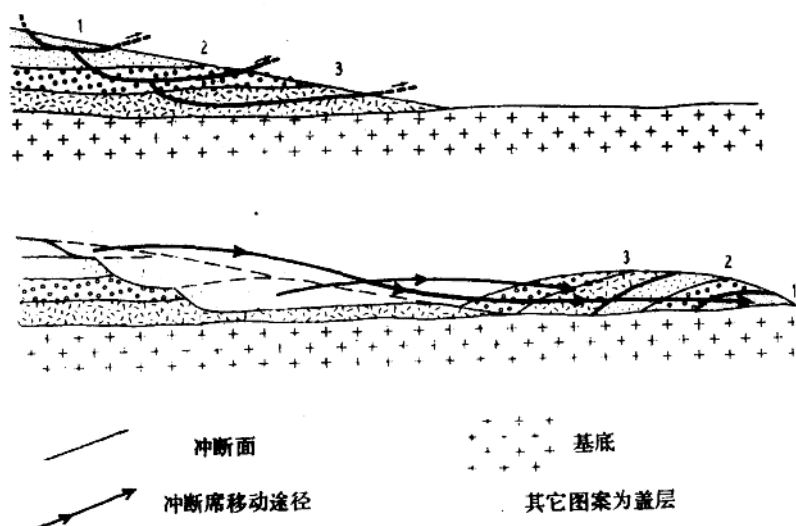


图3 重力滑动产生的倒叠现象

平衡剖面, 所以我用Badoux (1963) 的重建示意图说明其几何形状的特性(图2)。重力滑动的几何形状已概括性地以图3来说明, 就是: (1) 底冲断层为犁式, 并在尾端切割上部剖面; (2) 因此, 各个冲断席内部地层在尾端被底冲断层切割; (3) 各个冲断席之间的相对位移量, 可以大大超过各个冲断席的长度; (4) 相继的冲断席之间的地层必然没有任何横向连续性; (5) 冲断席的迁移途径可以相交; (6) 组成构造上最高岩石的冲断席常常首先移动, 并且可能移动得最远。

可以认为, 岩层因造山隆起而易于产生重力滑动的位置(图3)。地层中最年轻的单元首先脱离并向坡下移动。然后其它较深的冲断席即地层较老的部分也相继滑动。这样可产生一种倒转的大块地层, 虽然每一冲断席内部的地层仍正常向上。这种作用称为倒叠现象(Diverterculation) (Lugeon, 1943)。Debelmas 和 Kerckhove (1973) 的结论是只有重力滑动才能产生倒叠现象。因此, 重力滑动可产生冲断席之间的大型横向差异位移, 造成地层在横向上缺乏连续性, 并产生交错的迁移途径。

现在已在许多造山带中提出重力滑动的机制, 那些地方发育的冲断席具有与外海威推覆体冲断席相同的几何特性。Scholten (1973) 根据区域构造和地层证据描述了落基山刘易斯和克拉克(Lewis 和 Clark) 一线以南的重力滑动。Roberts 和 Crittenden (1973) 得出与 Scholten 相同的结论, 在更南的内华达州和犹他州段, 腹地的上构造层中的重力滑动产生一系列冲断层, 年轻的冲断层覆在年老的之上。上述两个例子中没有见到倒叠现象。

2. 重力伸展

重力伸展这一概念是由Bucher (1956) 提出的。后来加拿大落基山前陆区工作的地质学家发展了这一概念(Dahlstrom, 1970; Price 和 Mountjoy, 1970; Price, 1973)。重力伸展模式指出了在造山带核心部位, 热而可动的下构造层(infrastructure) 的上升和横向伸展。前陆区一系列犁式冲断面上的移动, 证明了侧向伸展的发生, 而这些冲断面向前陆边缘逐渐发育。Burchfiel 和 Davis (1975) 早已描述过前陆区冲断席的移动。他们认为最初的冲断席向前陆边缘移动覆盖了较新的岩层; 随着位移的不断进行, 下伏岩石最后达到其临界剪切应力而发生断裂。如果断裂是这样产生的, 那么, 在第一条冲断层以下将产生一个新的冲断面, 并因此离造山带核心更远。这一作用不断进行, 将造成冲断层向前陆边缘逐渐发育。但是, 这一作用受其自身的限制(Burchfiel 和 Davis, 1975)。在构造上较低的和较远的冲断层依次发育的设想已由地面地质所证明。Bally 等(1966) 对加拿大落基山前陆一系列冲断层的发育作了详细的地层论述。他们指出形成于活动冲断席前缘的前渊, 其沉积中心随着时间由西向东向前陆边缘移动。每一个前渊的岩石都包含在向东冲断的冲断席中, 并出露地表遭受剥蚀, 然后再重新沉积在下一个(更东面的)前渊之中。

加拿大落基山前陆的典型剖面(Bally 等1966; Price 和 Mountjoy, 1970) (图4) 说明重力伸展产生的冲断席有下列重要几何形状和地层特性: (1) 底部的冲断面呈犁式, 常常在前端即移动方向上切割上部剖面; (2) 在每个单独冲断席的尾端, 内部地层被上覆冲断席而不是被底冲断层所截断; (3) 冲断席之间的相对断距很少超过下伏冲断席垂直走向的长度, 根据图4我估计断距为冲断席垂直走向长度的20%; (4) 相继的冲断席之间, 地层具有横向的连续性; (5) 移动途径从不交错; (6) 前陆的底部冲断席是最后移动的。

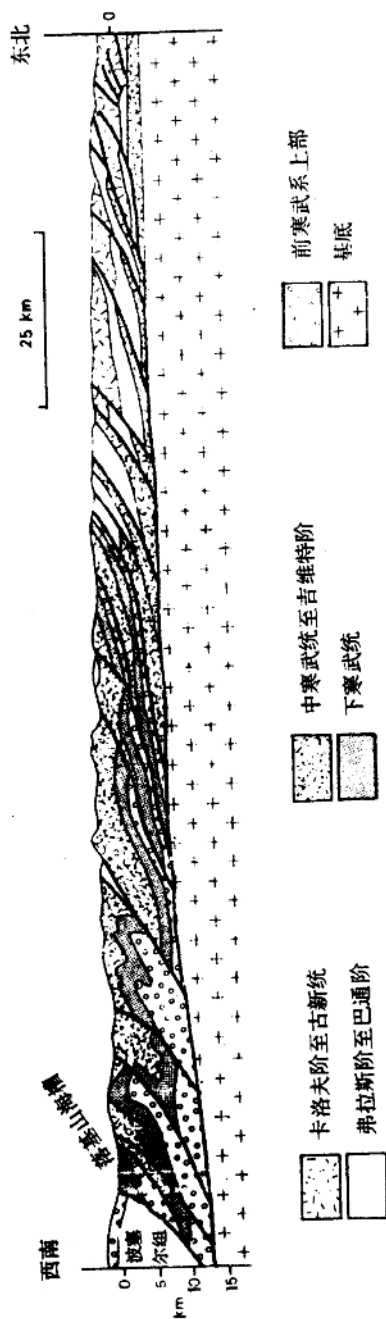


图4 加拿大落基山前陆带的横剖面 (据Price 和Mountjoy 1970)

最后三点特性显然是从机械学的观点来描述重力伸展的(图5)。冲断席复合体ABCD在下伏层序上移动,负载于其上并最终使其在下部更远的冲断面DEF处破裂。要达到DEF面破裂的临界剪切应力,必须克服DE上的滑动摩擦和沿EF的岩石抗剪强度。当满足这些条件时,冲断席复合体在ADC上进一步的显著位移被抑制,而开始在DEF面上移动。这使冲断席之间的相对位移受到限制,不可能形成大量的地层重叠。次生构造的几何特性如重力伸展机制伴生的褶皱的冲断面已由Dahlstrom(1970)作了描述。

3. 褶皱推覆体

早期在阿尔卑斯的工作者提出了褶皱推覆体的概念,最著名的是Heim(1921),他提供的典型例子是平宁推覆体下部和中部的剖面。这些推覆体的构造格式(Wunderlich,1963; Milnes,1974)表明它们是在塑性变形为主的环境中形成的,因此推覆体间的地层关系复杂,而且难以对比。对于褶皱推覆体到目前为止还未形成严格的理论的和机械的模拟,然而Ramberg(1966)和Talbot(1974)的离心模拟的某些结果与阿尔卑斯的横剖面是相似的,在这些模拟中驱动力是由密度倒转造成的重力不稳定性。因此,褶皱推覆体的形成过程可解释为具有热浮力的、变质的造山带下构造层的塑性上升引起的横向伸展的体现。

Price和Mountjoy(1970)提出作用于北美科迪勒拉核部的舍斯瓦坡复合体这一过程为前陆冲断—褶皱带的水平移动提供了重力势能。但是没有详细讨论舍斯瓦坡复合体上升作用时期的演变。这表明普遍缺乏反映造山带中央区推覆体的产生的理论模式方面的著作。有关推覆体产生的大多数模式论述的是前陆区的构造,只是肤浅地触及造山带的核部构造。由于还不明确褶皱推覆体何以形成,因此还很难建立典型的几何形态标准。但是可以认为这种构造是很复杂的,因此不能预测其几何形状,其地层对比也是困难的。

标准的应用

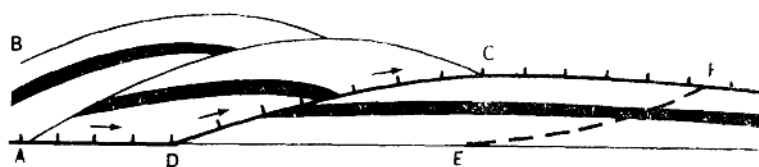
1. 阿巴拉契亚的峪岭地区

这一段阿巴拉契亚造山带地球物理和钻井资料充足,能建立详细的横剖面(Gwinn,1970; Roeder和Witherspoon,1978)。在峪岭地区的典型横剖面中可看出此区的推覆体属于冲断席类。这一横剖面没有呈现任何典型重力滑动的几何特性(参见图3)。因此,峪岭地区的几何特征与重力滑动机制产生的冲断席不同。相反,符合如图5(参见图6)所表明的重力伸展的几何形态标准。Perry(1978)讨论了冲断面从腹地到前陆逐步产生的证据,并由Bearce(1978)和Roeder等(1978)根据重力伸展进行了解释。我的结论是冲断面产生的次序和冲断席的内部几何形状说明了峪岭地区是由重力伸展机制形成的。

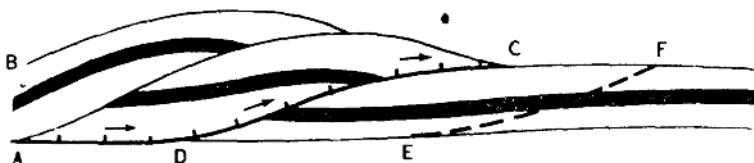
2. 中央斯堪的纳维亚的加里东褶皱带

自从六十年代以来,已经深入地研究了中央斯堪的纳维亚的加里东褶皱带(Nicholson和

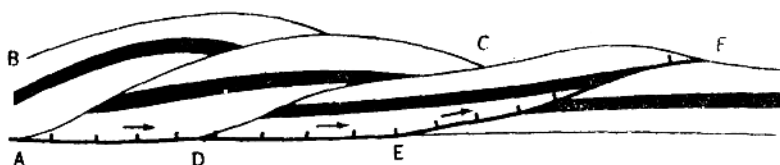
1. $\tau_{DEF} < \tau_{Crit}$



2. $\tau_{DEF} \approx \tau_{Crit}$



3. $\tau_{DEF} > \tau_{Crit}$



具移动意义的主要活动冲断面

图5 说明因冲断席复合体ABCD的负载，产生在构造上较低和较远的冲断面DEF的三种模型。 τ_{DEF} 为在DEF上的剪切应力， τ_{Crit} 为在DEF上破裂临界剪切应力。

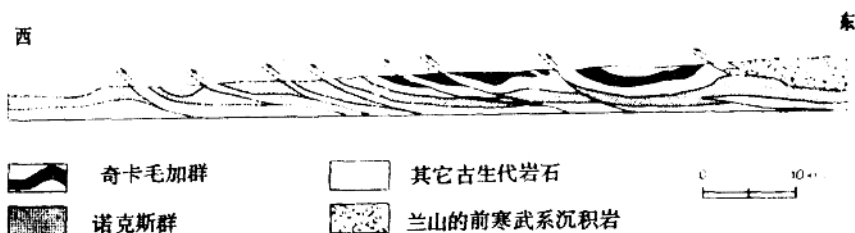


图6 阿巴拉契亚岭地区的一段横剖面 (据Roeder 和Witherspoon 1978)

Rutland, 1969; Nicholson, 1974; Gee, 1975 a, b, 1978)。前寒武系的波罗的基底上覆薄的原地沉积岩,再上为外来的楔形推覆体堆。东部构造较低的推覆体部分地层与原地的前陆地层层序有关,而西部构造较高的推覆体来自目前挪威海岸以西的一定距离。Gee (1975 a, b)总结了从特隆赫姆到厄斯特松德东西向宽带上横穿各个推覆体单元的内部地层,指出推覆体之间地层的连续性很小。他用推覆体的楔形特征作为因重力伸展而移位的证据 (Gee 1975 a)。这一模式后来作了修改 (Gee, 1978),因为认识到若干推覆体中包含大型香肠状构造 (Gee, 1977)。推覆体移位的机制仍然不变 (Gee, 1978),但是大型香肠构造的发育被认为是由于上覆在相对较疏松的花岗岩基底上的推覆体的致密堆积的重力塌陷。就褶皱推覆体持续向东移动而产生的位移接近于位移距离估计值的两倍 (Gee, 1978)。

在中央斯堪的纳维亚的加里东褶皱带的其他地方,已经描述到重力构造发生在移位之后 (Ramberg, 1966; Cooper 和 Bradshaw, 1980)。但是,推覆体堆叠的机制还值得讨论。Zachrisson (1969, 1973)表示许多西部推覆体向西减薄,一部分是由于内部地层被底冲断层削去。虽然Gee记载了这些关系,但他仍用整个楔形几何形状支持重力伸展的模式 (图7)。然而,西部推覆体详细的内部几何形状与前面重力伸展建立的几何形状标准不一致,正如Zachrisson (所引书中)指出的那样。这种地层几何形状不允许底冲断层在尾端切割下部剖面。其他反对的理由是相继的推覆体之间缺乏侧向的地层连续性,因此需要大量相对位移。相反,东部推覆体具有与重力伸展冲断席相一致的几何形态特性 (Gee等1978)。西部推覆体的几何形状特性似乎证明了推覆体的移位属重力滑动机制,但是西部推覆体随移位同时发生的中等变质作用 (Gee, 1975 b)似乎排除了这种相对高层位的作用。整个斯堪的纳维亚造山带中的多数西部推覆体都以时间上和空间上与推覆体移位有关的大型褶皱为特征 (如Nicholson 和 Rutland, 1969)。因此,它们是褶皱推覆体而不是冲断席,并且难以论述其几何形状。西部推覆体几何特性复杂,推覆体之间的地层对比十分困难。

西部推覆体和组成东部推覆体特有的前陆构造带的空间关系,类似于舍斯瓦坡复合体与加拿大落基山前陆冲断褶皱带的关系 (Price 和 Monnt joy, 1970)。因此,我的结论是中央斯堪的纳维亚加里东褶皱带的西部推覆体的移位是造山带的热的、有浮力的和变质的下构造层因热力浮升而侧向伸展、依次上升的结果。推覆体移位的机制的更精确描述还有待于褶皱推覆体演化的理论模型的发展及其几何形状的认识。在前陆区,侧向伸展作用表明为因东部推覆体的伸展而发生移位。

结 论

重力伸展和重力滑动机制都能产生冲断席,但因形成机制不同,引起的几何特性也不同。褶皱推覆体发育的机制确定得不够精确,但是可认为是造山带下构造层浮升的结果。重力伸展产生的底冲断层在前端切割了上部剖面,而重力滑动产生的底冲断层则在尾端切割上部剖面。褶皱推覆体的几何特性普遍较复杂。

由不同机制而形成的几何特性可作为其他造山带地区是否适用这种机制的标准。但是在应用这些标准以前,必须对造山带地区的详细横剖面有所研究。这些横剖面应不是只根据地

面地质资料,而且应附加有地球物理和钻井提供的控制资料。没有这种独立的控制资料,地质学家难以绘制出真实的横剖面。这种真实的横剖面应不受地质家预先对冲断席和褶皱推覆体以及它们的移位机制概念的影响。

(甘克文译 荣春龙校)

参 考 文 献

- BADOUX, H. 1963. Les unités ultrahelvétiques de la zone des cols. *Eclog. geol. Helv.* **56**, 1-13.
- BALLY, A. W., GORDY, P. L. & STEWART, G. A. 1966. Structure, seismic data and orogenic evolution of Southern Canadian Rocky Mountains. *Bull. Can. Pet. Geol.* **14**, 337-81.
- BEARCE, D. N. 1978. Structure of the eastern Coosa Valley, Alabama. *Am. J. Sci.* **278**, 461-76.
- BUCHER, W. H. 1956. The role of gravity in orogenesis. *Bull. geol. Soc. Am.* **67**, 1295-318.
- BURCHFIEL, B. C. & DAVIS, G. A. 1975. Nature and controls of Cordilleran orogenesis, Western United States: Extensions of an earlier synthesis. *Am. J. Sci.* **275-A**, 363-96.
- CHAPPLE, W. M. 1978. Mechanics of thin-skinned fold-and-thrust belts. *Bull. geol. Soc. Am.* **89**, 1189-98.
- COOPER, M. A. & BRADSHAW, R. 1980. The significance of basement/cover relationships in the tectonic evolution of the Salta region, Norway. *J. geol. Soc. London*, **137**, 231-40.
- DAHLSTROM, C. D. A. 1970. Structural geology in the eastern margin of the Canadian Rocky Mountains. *Bull. Can. Pet. Geol.* **18**, 332-406.
- DEBELMAS, J. & KERCKHOVE, C. 1973. Large gravity nappes in the French-Italian and French-Swiss Alps. In: DE JONG, K. A. & SCHOLTEN, R. (eds). *Gravity and Tectonics*, Wiley New York, 189-200.
- ELLIOTT, D. 1976a. The energy balance and deformation mechanisms of thrust sheets. *Philos. Trans. R. Soc. London*, **A283**, 289-312.
- 1976b. The motion of thrust sheets. *J. geophys. Res.* **81**, 949-63.
- GEE, D. G. 1975a. A tectonic model for the central part of the Scandinavian Caledonides. *Am. J. Sci.* **275-A**, 468-515.
- 1975b. A geotransverse through the Scandinavian Caledonides-Østersund to Trondheim. *Sver. geol. Unders.* **C717**, 66p.
- 1977. Extension of the Ofteidal and Särvi Nappes and Seve Supergroup into Northern Trondelag. *Nor. geol. Tidsskr.* **57**, 163-70.
- 1978. Nappe displacement in the Scandinavian Caledonides. *Tectonophysics*, **47**, 393-419.
- , KUMPULAINEN, R. & THELANDER, T. 1978. The Tasjön décollement, Central Swedish Caledonides. *Sver. geol. Unders.* **C742**, 35p.
- GWINN, V. E. 1970. Kinematic patterns and estimates of lateral shortening, Valley and Ridge and Great Valley Provinces, central Appalachians, south-central Pennsylvania. In: FISHER, G. W. *Studies of Appalachian Geology: Central and Southern*. Wiley, New York, 127-46.
- HEIM, A. 1921. *Geologie der Schweiz*. 11. Die Schweizer Alpen. Tauchnitz, Leipzig.
- HUBBERT, M. K. 1937. Theory of scale models as applied to the study of geologic structures. *Bull. geol. Soc. Am.* **48**, 1459-520.
- 1951. Mechanical basis for certain familiar geologic structures. *Bull. geol. Soc. Am.* **62**, 355-72.
- & RUBEY, W. W. 1959. Role of fluid pressure in mechanics of overthrust faultings. *Bull. geol. Soc. Am.* **70**, 115-206.
- KEHLE, R. O. 1970. Analysis of gravity sliding and orogenic translation. *Bull. geol. Soc. Am.* **81**, 1641-64.
- LEMOINE, M. 1973. About gravity gliding tectonics in the Western Alps. In: DE JONG, K. A. & SCHOLTEN, R. (eds.), *Gravity and Tectonics*, Wiley, New York, 201-16.
- LUGEON, M. 1943. Une nouvelle hypothèse tectonique: la diverticulation. *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.* **62**, 301-3.
- & GAGNEBIN, E. 1941. Observations et vues nouvelles sur la géologie des Préalpes Romande. *Mem. Soc. vaud. Sci. nat.* **47**, 1-90.
- MILNES, A. G. 1974. Structure of the Pennine Zone (Central Alps): A new working hypothesis. *Bull. geol. Soc. Am.* **85**, 1727-32.
- MILLET, R. C. 1975. Structural patterns in the southern Appalachians: Evidence for a gravity slide mechanism for Alleghanian deformation. *Bull. geol. Soc. Am.* **86**, 1316-20.

- NICHOLSON, R. 1974. The Scandinavian Caledonides. In: NAIRN, A. E. M. & STEHLI, F. G. (eds). *The Ocean Basins and Margins*, 2. *The North Atlantic*, Plenum Press, London, 161-203.
- & RUTLAND, R. W. R. 1969. A section across the Norwegian Caledonides; Bodø to Sulitjelma. *Nor. geol. Unders.* **260**, 86p.
- PERRY, W. J. Jr. 1978. Sequential deformation in the Central Appalachians. *Am. J. Sci.* **278**, 518-42.
- PRICE, R. A. 1973. Large-scale gravitational flow of supracrustal rocks, Southern Canadian Rockies. In: DE JONG, K. A. & SCHOLTEN, R. (eds). *Gravity and Tectonics*, Wiley, New York, 491-502.
- & MOUNTJOY, E. W. 1970. Geological structure of the Canadian Rocky Mountains between Bow and Athabasca rivers—a progress report. *Spec. Pap. geol. Assoc. Can.* **1**, 7-25.
- RAMBERG, H. 1966. The Scandinavian Caledonides as studied by centrifuged dynamic models. *Bull. geol. Instn. Univ. Uppsala*, **43**, 72p.
- 1977. Some remarks on the mechanism of nappe movement. *Forh. geol. Foren. Stockholm*, **99**, 110-7.
- ROBERTS, R. J. & CRITTENDEN, M. D. Jr. 1973. Orogenic mechanisms, Sevier Orogenic Belt, Nevada and Utah. In: DE JONG, K. A. & SCHOLTEN, R. (eds). *Gravity and Tectonics*, Wiley, New York, 409-28.
- ROEDER, D. & WITHERSPOON, W. D. 1978. Palinspastic map of east Tennessee. *Am. J. Sci.* **278**, 543-50.
- , YUST, W. W. & LITTLE, R. L. 1978. Folding in the Valley and Ridge province of Tennessee. *Am. J. Sci.* **278**, 477-96.
- SCHARDT, H. 1898. Les régions exotiques du versant nord des Alpes Suisses. *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.* **34**, 114-219.
- SCHOLTEN, R. 1973. Gravitational mechanisms in the Northern Rocky Mountains of the United States. In: DE JONG, K. A. & SCHOLTEN, R. (eds). *Gravity and Tectonics*, Wiley, New York, 473-90.
- SMOLUCHOWSKI, M. S. 1909. Mechanics of thrusts. *Geol. Mag.* **6**, 294-5.
- TALBOT, C. J. 1974. Fold nappes & asymmetric mantled gneiss domes and orogenic tectonophysics. **24**, 259-76.
- VAN BEMMELEN, R. W. 1966. The structural evolution of the Southern Alps. *Geol. Mijnbouw*, **45**, 405-44.
- WUNDERLICH, H. G. 1963. Ablauf und Altersverhältnis der post-varistischen Tektonik und Metamorphose im Westalpenbogen. *Geol. Minjabouw*, **42**, 155-69.
- ZACHRISSON, E. 1969. Caledonian Geology of Northern Jämtland—Southern Vasterbotten. *Sver. Geol. Unders.* **C644**, 33p.
- 1973. The westerly extension of Seve rocks within the Seve-Koli Nappe Complex in the Scandinavian Caledonides. *Forh. geol. Foren. Stockholm*, **95**, 243-51.

M. A. COOPER, Department of Geology, City of London Polytechnic, Walburgh House, Bigland Street, London E1.

挪威北部芬马克一个大 型冲断层上的应变剖面

N. J. Milton

G. D. Williams

- **提要:** 挪威北部芬马克地区拉克塞峡湾推覆体底部为变形的砾岩。野外变形研究提出了一个简单的应变剖面, 而应变取决于推覆体内底部冲断层以上的高度。指出了与底部冲断层的发生和发展有关的单剪切变形和恒定的拉平分量。对于应变的单剪切分量提出了一种数学模型, 这种模型是在沿下降面斜坡应力和稳定态流动定律的基础上建立起来的。

拉克塞峡湾推覆体在挪威北部芬马克的加里东褶皱带内, 由一系列冲断片组成, 而这些冲断片是由变砾岩、石英岩和低级绿片岩相变质的千枚岩所构成的。它冲断覆在加依萨推覆体晚前寒武系至奥陶系沉积岩的准原地岩体之上, 而本身又被角闪岩相的卡拉克推覆体所掩冲 (见图1)。拉克塞峡湾推覆体最下部的地层和构造单元是伊夫峡湾组砾岩。这是厚层变质砾岩, 含有石英岩和花岗片麻岩的碎块 (有次生绿帘石、碳酸盐、碧玉等), 嵌在片岩质至石英岩质的杂基中。碎块大小从卵石至中砾和漂砾, 而且碎块已变形, 所以一般它们位于劈理中, 长轴平行拉伸线理。碎块的形变似乎随着接近底部冲断层而加强, 这引起作者和 Chapman 去研究砾岩内的应变类型。

一、方 法

砾岩中应变分析所用的方法和所取得的成果的详尽叙述是由 Chapman 等 (1979) 所提供的。这里简要地概括如下。

每一地点选择两组垂直于劈理的节理面, 大致平行和垂直于线理。地点分布受节理面存在的控制。每组节理面测量 30 个卵石的长短轴比率, 以这些比率的调和平均值作为二维应变椭圆的估算值 (Lisle, 1977)。综合这样测定的两个应变椭圆 (两个都与含有应变轴 Z 的劈理面垂直) 就得出了整个应变椭球。考虑到碎块和杂基的塑性差别, 可用 Gay (1968 a, b) 的方法加以调整。根据椭球的 X: Y: Z 比率, 计算两个参数, 描述应变状态。岩脉参数 γ

的确定由 $\gamma = (\bar{\epsilon}_2 - \bar{\epsilon}_1 - \bar{\epsilon}_3) / (\bar{\epsilon}_1 - \bar{\epsilon}_3)$, 而 $\bar{\epsilon}_s = \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{(\bar{\epsilon}_1 - \bar{\epsilon}_3)^2 + (\bar{\epsilon}_2 - \bar{\epsilon}_3)^2 + (\bar{\epsilon}_3 - \bar{\epsilon}_1)^2}$

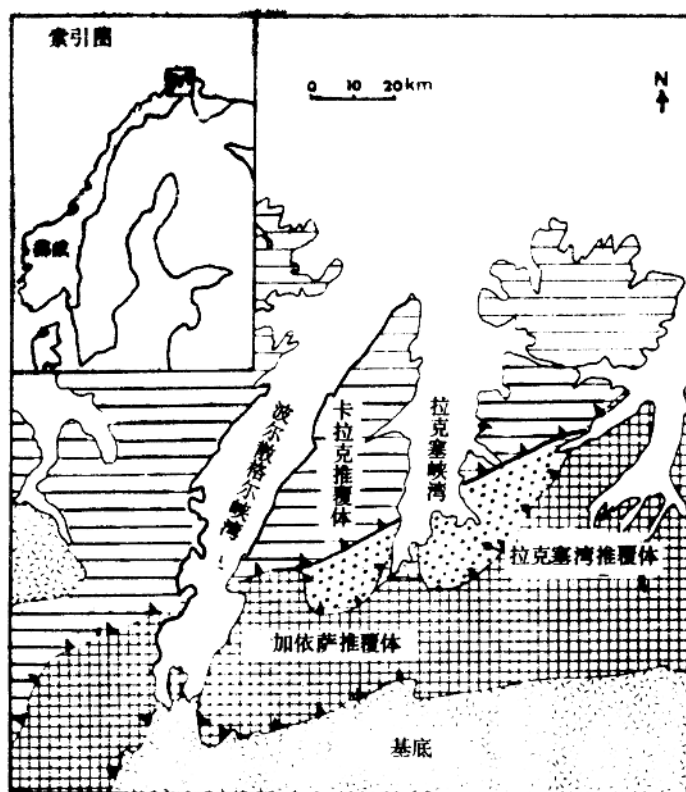


图1 芬马克中部的加里东褶皱，表示拉克塞峡湾推覆体的位置

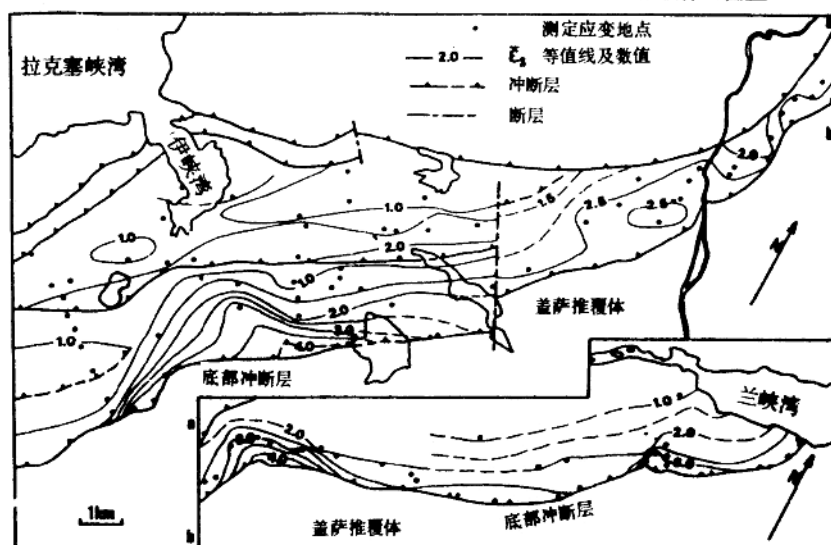


图2 拉克塞峡湾推覆体变质的底砾石中应变 (ϵ_2) 量的等值线图