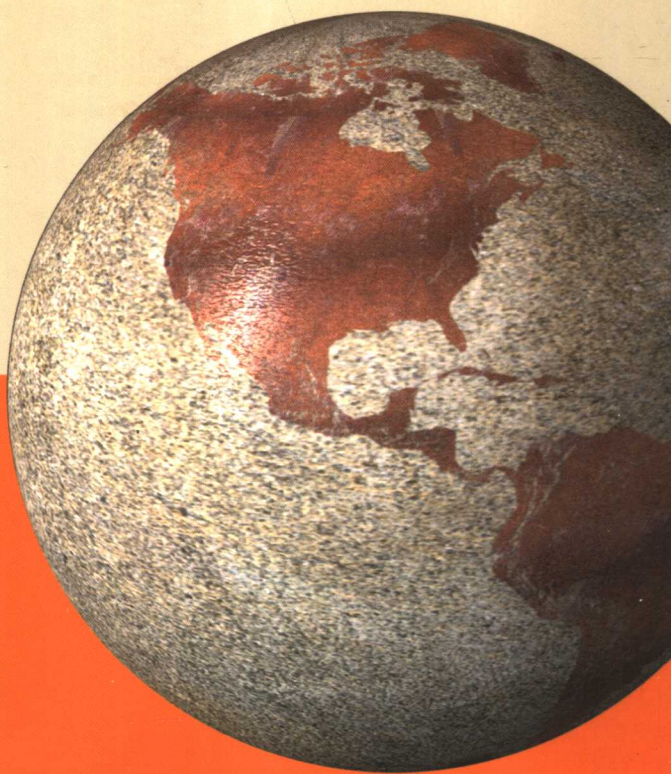


夏义平 袁秉衡 徐礼贵 李明杰 张延庆 等译
黄忠范 校

石油地质与地球物理 译文集

SHIYOU DIZHI
YU
DIQIU WULI
YIWENJI



石油工业出版社
PETROLEUM INDUSTRY PRESS

石油地质与地球物理译文集

夏义平 袁秉衡 徐礼贵 李明杰 张延庆 等译

黄忠范 校

石油工业出版社

内 容 提 要

本书选取了 25 篇国外刊物和教材刊登的论文, 内容涉及构造、沉积、油藏描述技术和实例。论文内容丰富、分析深入、透彻, 反映了目前物探资料解释和综合石油地质研究领域最新的研究动态与进展。

本书可供从事石油物探资料解释及勘探的研究人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

石油地质与地球物理译文集 / 夏义平等译.

北京: 石油工业出版社, 2005.5

ISBN 7-5021-5061-7

I. 石…

II. 夏…

III. ①石油天然气地质—文集

②地球物理学—文集

IV. ① P618.130.2-53 ② P3-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 038538 号

出版发行: 石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.cn

总 机: (010) 64262233 发行部: (010) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂印刷

2005 年 4 月第 1 版 2005 年 4 月第 1 次印刷

787 × 1092 毫米 开本: 1/16 印张: 20.75

字数: 528 千字 印数: 1—800 册

定价: 70.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

前 言

本论文的选取、翻译是在中国石油天然气集团公司东方地球物理勘探公司组织下完成的。25篇论文选自近期的《AAPG》、《The Leading Edge》、《Geologic Columns of the Leading Edge》等国外刊物和教材。内容涉及盆地构造、局部构造特征、层序地层学、浊积岩体系和碳酸盐台地的沉积、成岩作用和储层分布，盐流动与沉积作用对储层分布控制、扇三角洲和河流三角洲的沉积层序特征，AVO、井间地震、谱分析、可视化、多种属性的提取和分析技术在油藏描述中的应用等领域，充分反映了相关领域最新的研究动态与进展。

完成和参加翻译工作的有夏义平、袁秉衡、徐礼贵、李明杰、张延庆、郑良合、黄忠范、刘万辉、庄田、杨松岭、谢结来、刘春芳、韩宇春、杨长友、张振生、许增魁、赵玉光、刘永红等同志。全书由黄忠范统一校译。编审工作由夏义平、袁秉衡、黄忠范、徐礼贵、李明杰、郑良合等同志完成。王亚玲同志完成全书图件的扫描和中文标注等工作。

限于水平，书中难免有疏漏与不当之处，敬请批评指正。

2005年3月

目 录

走滑盆地	(1)
辽东湾地区郑庐断裂体系的早第三纪构造及演化——裂谷系统内主要走滑断层的 地震反射图像	(18)
特兰西瓦尼亚盆地的晚第三纪构造特征	(37)
班达弧反转背斜的油气潜力	(57)
复杂构造演化背景下圈闭和浊积岩储层的特征	(75)
贝尔图兹隆起区基底与盖层中的拉腊米构造	(97)
亚平宁北部外延区上第三系构造的三维可视化解释	(113)
盐和沉积物的交互作用	(123)
遥感技术在石油勘探中的应用	(134)
浊积岩体系	(146)
扎伊尔扇：现代富泥浊积体系的结构——扎伊尔、安哥拉的勘探成果	(158)
Minturn 组 (C_2) 扇三角洲和河流三角洲的沉积学和层序地层学特征	(176)
特拉华盆地伊斯特福德油田二叠系深水砂岩储层描述	(193)
地层切片：实际三维地震资料	(211)
地震岩性学在弗里里恩 50 区块中新统高频层序地层研究中的应用	(222)
巴哈马现代碳酸盐台地的沉积、成岩和储层研究	(241)
利用井间地震资料进行地质统计油藏描述	(250)
碳酸盐岩储层的三维可视化解释	(257)
三维 AVO 交会图——一种有效的可视化技术	(268)
AVO 衍生参数的地震多属性分析—实例研究	(277)
非产气灰岩中产气白云岩分布趋势的 AVO 检测	(283)
瞬时谱分析：与油气相关的低频阴影的检测	(293)
谱分解方法在墨西哥含气盆地中的应用	(301)
用密度数据体预测油气藏	(307)
用测井曲线模式化、地震模型及岩石特性估算技术，降低岩石物理特性地震 估算的风险	(315)

走滑盆地

Tor H.Hilsen 等著 李明杰译 黄忠范校

第一部分 一般特征及分类

沿走滑断层可形成各种类型的沉积盆地，它们包含各种各样的沉积层序和构造特性。这些盆地曾被称为“拉分盆地”。而我们认为术语“走滑盆地”更贴切，因为“拉分盆地”仅是走滑断层可能发育的多种类型盆地中的一种。

走滑盆地的范围从小的断陷湖（长度几十米）到大面积的沉降区（宽度 50km）。这些盆地一般较小，但很陡。其特色是纵向长，典型的长宽比为 4 : 1，最大比率约 10 : 1。构造上根据边界断层和挠曲、自然地理上根据沉降区域就可以测量其地表面积。但由于以下因素，使盆地的体积和形态确定变得困难：①年轻的褶皱和断裂带使盆缘变形；②盆缘由坳陷而非断层来限定；③边界断层的倾向变化；④地表断层在深部向主断层汇聚；⑤连续的走滑运动使盆缘与盆地沉积中心发生位移。某些类型的走滑盆地在基底也可能有近水平的断层。

一、断层与盆地的分类

走滑断层可形成于不同的板块构造背景：沿大陆边缘、大陆板块内部、大洋板块内部和板块碰撞带及扩张带内（图 1）。Sylvester (1988) 将断层划分为转换和横推两种类型。转换断层形成于板块边界并穿透整个岩石圈，包括分割大洋扩张脊的脊转换断层，分割地壳板块的边界转换断层和汇聚背景中近平行于海沟的海沟连接转换断层。横推断层位于地壳板块内部，仅穿透上地壳，包括板块碰撞、构造逃逸或挤出区的连接的弯曲断层；分割不同构造区的大陆内断层；沿外来块体边缘或块体内部调节断层位移的撕裂断层；连接跨覆逆冲断裂段的调节断层。

1995 年，我们建议根据盆地的几何及运动学背景将走滑盆地划分为六种不同的类型（图 2）。这种分类较易于识别初始阶段形成的盆地。盆地常常形成于扭张背景，即沿走滑断层产生的局部拉张，而盆地常常在随后的扭压背景下发生反转，即沿走滑断层产生的局部收缩。随着时空的演变，由于走滑盆地沿主要走滑断层发生重大平移，因此遭受强烈改造。例如，当盆地遇到松弛弯曲环境（主要断层走向方向

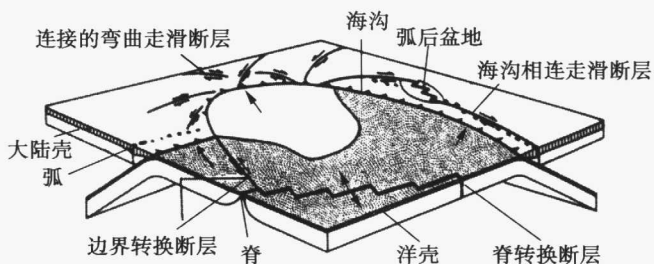


图 1 走滑断层的板块构造背景（据 Woodcock, 1986）。
简图是自南印度洋向东北方向观察印度与亚洲的碰撞。

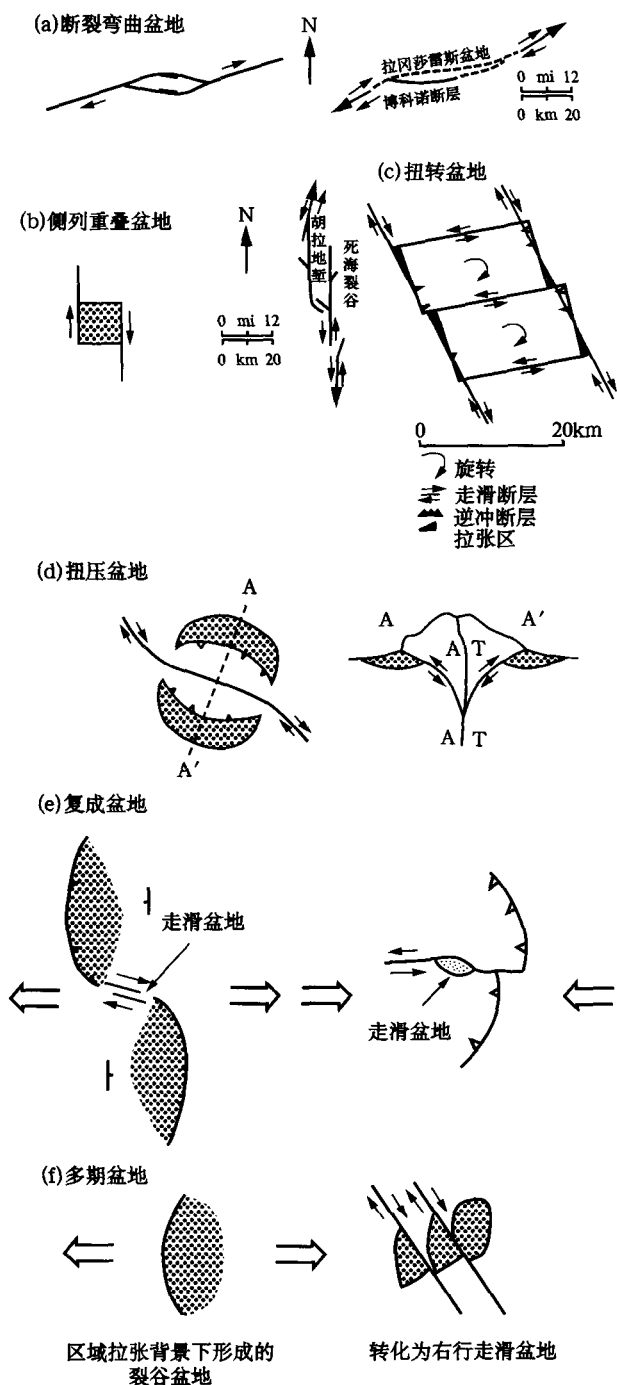


图2 六种类型走滑盆地示意图 (据 Nilsen 和 Sylvester, 1995)。
(a) 断裂弯曲盆地 (左), 拉冈萨雷斯盆地 (右)。(b) 侧列重叠盆地 (左), 死海裂谷部分图 (右)。(c) 扭转盆地 (黑色区)。(d) 扭压盆地 (圆点区, 左为平面图, 右为横剖面图)。(e) 复成盆地 (圆点区), 左图为区域拉张, 右图为区域挤压。(f) 多期盆地 (右) (圆点区, 右侧平面图), 初始形成时为一不对称裂谷盆地 (左)。

的变化产生的局部扭张), 它们将经历沉降; 当盆地碰到受阻弯曲 (主要断层走向方向的变化产生的局部扭压), 它将隆升和遭受剥蚀。在平移过程中, 盆地或盆地的某部分常经历多个旋回的沉降和隆升作用, 很像海豚进入水中时的动作。因此, 要识别长期活动的走滑盆地的初始状态通常很困难。

1. 断裂弯曲盆地 (Fault-bend basin)

典型地沿走滑断层松弛弯曲部位发育 (图 2a)。当一个断块滑过并离开另一个断块时产生拉张, 引起滑动块体下坳进入拉伸区带, 从而沿断裂弯曲处形成长条形沉降区。盆地强烈不对称, 沿主位移带分布有显著的粗粒冲积裙, 平面上呈透镜状分布。

2. 侧列重叠盆地 (stepover basin)

一般发育在扭张环境, 即在两条不连接的平行或亚平行走滑断层末端间或同一断层的绞合部位。断层的雁行排列或绞合可以造成断层间块体的局部拉张并形成长条状的盆地 (图 2b)。这些盆地的特色是比断层弯曲盆地更对称, 沿盆地两边都有冲积裙分布。它们也可含有丰富的横向构造, 这些横向构造可将盆地分割成多个独立的次级盆地和多个沉积中心。侧列重叠盆地典型地形成于左行左阶断裂间和右行右阶断裂间。

3. 扭转盆地 (transrotational basin)

发育在走滑断层之间, 即当主剪应变在右行单剪中为顺时针方向和在左行单剪中为逆时针方向 (图

2c), 块体围绕近垂直的轴以相同的方向旋转而形成扭转盆地。三角形的缝隙或盆地沿旋转块体的边缘形成, 旋转的速率和规模取决于剪切应变的速率。近水平的拆离断层常发育在盆地或旋转体之下, 将其同不旋转的下伏地壳分隔开。

4. 扭压盆地 (transpressional basin)

通常为长、窄的构造凹陷, 凹陷平行于走滑断层, 但位于受限弯曲带的外侧 (图 2d)。它们通常以区域斜向滑动或逆断层为界, 这些断层倾向主走滑位移带, 在邻近扭压隆起区产生正“花状或棕榈树”构造。这些盆地的沉降起因于边缘地区的挠曲荷载, 导致发育小型前陆型盆地。这种盆地常邻近于隆起块体, 被褶皱作用复杂化。虽然沿着盆地边缘附近一般较好地发育了来自隆升块体侵蚀而成的粗粒冲积扇, 但盆地的沉积可能受控于平行于隆升块体的轴向沉积物搬运体系。

5. 复成盆地 (Polygenetic basin)

通常是离散或汇聚构造大区域背景中局部走滑活动的产物 (图 2e)。在伸展背景下, 调节断层和调节带常以不同规模联结主要边界正断层或这些断层的不同段, 也可以包含和围限小型走滑盆地。在汇聚背景下, 走滑断层与盆地可被局限在外来逆冲席的上盘, 它们调节差异滑动量和速率。

6. 多期盆地 (Polyhistory basin)

产生于走滑幕与伸展裂谷、收缩逆冲和其它类型变形幕交替或被替代的部位 (图 2f)。这样形成的盆地是很复杂的, 几乎可以是任何体积和形状, 在变动的构造背景下, 伴有多期沉降、沉积和形变。虽然这些盆地也可具有许多其它类型走滑盆地的特征, 但由于它们构造样式多变而显得更复杂。

二、构造模式

四种主要的因素控制了沿走滑断层发育的构造模式。

- (1) 动力格局 (扭张、扭压、平行);
- (2) 位移的大小;
- (3) 岩石物性和变形带的沉积;
- (4) 之前已存在构造的特征。

断层的走向同块体或板块运动矢量的相对关系决定了断层或断层段具有扭压还是扭张分量。沿断裂和邻近断裂发育的盆地可在时空演变中由扭张性渐变或突变成扭压性。两种背景的向上分枝的“花状或棕榈树”构造特征在横剖面上表现为简单、具统一倾向的单束特征至复杂的具不同倾角、倾向的多束特征 (图 3)。在扭压带, 在横剖面上表现为“正花状构造”的许多断层具明显的逆冲滑动的指向; 而在扭张带, 表现为“负花状构造”的许多断层具有明显的正断层滑动指向。

在横剖面中, 正花状构造整体通常具背形特征, 有大量褶皱, 它们是地层总体缩短造成的, 而负花状构造整体通常具向形特征, 具较少的皱曲。因为总体的走滑形变可包括局部斜向以及倾向位移、旋转块体、以脆性破裂为特征的高构造强度岩石、以塑性破裂为特征的较低构造强度的岩石, 为了重塑变形模式, 就必须对所有断层做详细的四维研究。

走滑盆地的几何特征受控于许多因素, 包括:

- (1) 盆地形成作用 (过程) 与走滑盆地的类型;

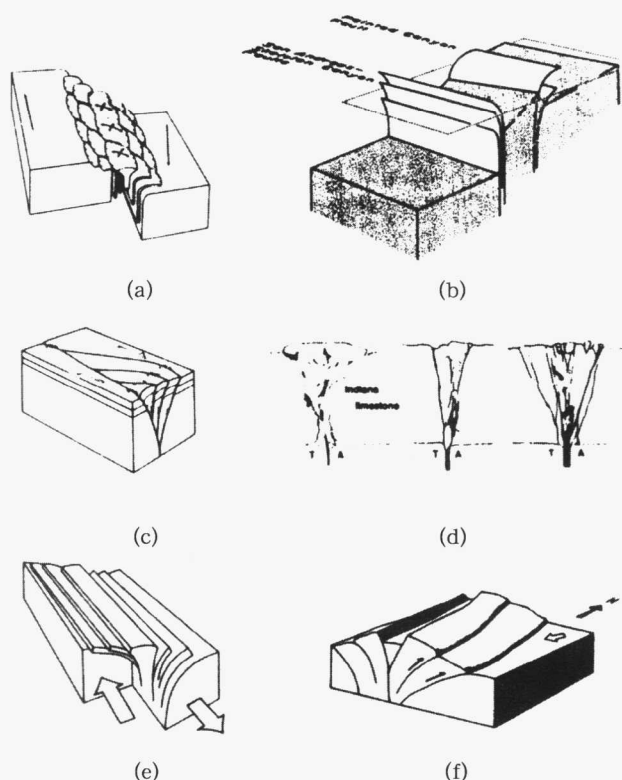


图3 右行单剪花状或棕榈树构造的概念图 (Sylvester, 1988)。(a) 据 Lowell (1972)。(b) 据 Sylvester 和 Smith (1976)。(c) 据 Woodcock 和 Hisher (1986)。(d) 据 Bartlett 等 (1981)。(e) 据 Ramsey 和 Huber (1987) 修改。(f) 据 Steel 等 (1985)。

(2) 主要边界断层横向及垂向的弧度大小；

(3) 下伏地壳脆/塑性转换带深度；

(4) 基底岩石的性质及构造结构；

(5) 沿主要断层和所有其它断层的位移量；

(6) 盆地的时代与主要边界断层时代的相对关系；

(7) 侧列重叠逆冲断裂段叠覆的长度。

根据地幔是否与盆地形成有关，走滑盆地可划分为“热”和“冷”两种类型。在热盆地中，由于横向热散失，修改的均匀拉伸模型已被成功应用。在冷盆地中，通常是薄皮的，变形后的热沉降一般不明显。作为较强横向热散失的结果，较窄盆地的沉降速率一般大于较宽的盆地。尽管走滑盆地在形成期间的沉降和沉积速率都特别高，而在盆地隆升期间隆升及侵蚀的速率可同样很高。这是由于许多走滑盆地在其复杂的演化过程中经历了多期沉降和隆升，同一盆地的不同

部分在其相同时期内可经历快速的隆升和快速的沉降。

三、沉积格局

走滑盆地的沉积充填一般变化特别大，特别复杂，部分取决于盆地在海水区、湖水区和陆上的延伸范围。以下是大陆或大陆边缘走滑盆地盆地充填的共同特征 (图4)。

(1) 不同的沉积相，一般包括断崖角砾、山麓堆积、崩塌、冲积扇、河流、三角洲、扇三角洲、滨岸、浅和深湖、浅和深海、蒸发岩、化学沉淀、碳酸盐岩。

(2) 非对称分布，具较细粒和较深水的沉积体，近平行并邻近最活动的走滑边缘聚积。

(3) 特色的粗粒盆缘相，沿主要的控盆断层边缘通常发育小而陡的碎屑流为主的冲积扇；而沿不活动或较少活动的盆缘一侧发育受控于河流的大型缓坡型冲积扇。

(4) 容积上以平行于主要边界断裂系统的轴向沉积体系为主。

(5) 相变快。

(6) 特别不同的岩石物性。

(7) 侧向位移导致的多物源区。

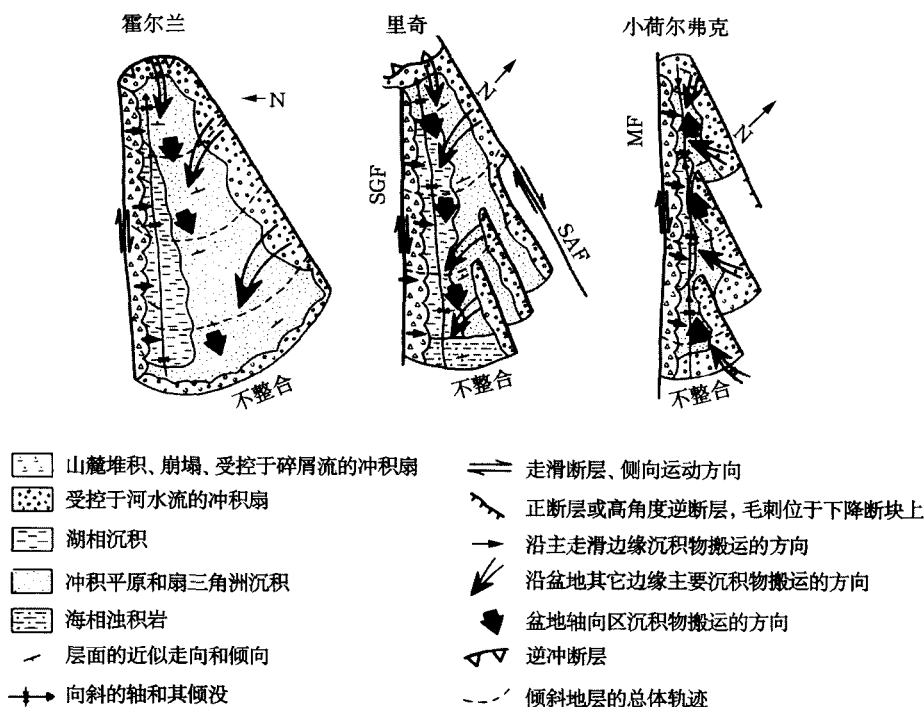


图4 盆地的构造和沉积对比。霍内兰盆地（挪威）、里奇盆地（加利福尼亚）、小莎尔弗克里克盆地（北加利福尼亚）（据 Nilsen 和 Mclaughlin, 1985）。盆地的方向及规模差别很大，但在此显示成近似的方向和大小以利于对比。盆地的长度霍内兰近 50km，里奇约 25km，小莎尔弗克里克约 10km。MF = 玛卡马断层。SAF = 圣安德列斯断层。SGF = 圣加夫列尔断层。

(8) 由于物源至盆地的搬运距离短，沉积碎屑的结构及组分成熟度差。

(9) 同盆地大小相比，沉积层序很厚。

(10) 全盆地至盆缘发育向上变粗的准层序。

(11) 高沉积速率，每年约 3mm。

(12) 地震引发的大量同沉积变形和坍塌。

(13) 沉积中心与物源区移动以相同的方向沿主边界走滑断层横向迁移。

大洋走滑盆地，通常发育在错开扩张脊的转换断层内或附近，因为它们的发育一般远离主要的大陆沉积物源区，因此具完全不同的特征。这些盆地一般仅含洋壳上隆形成的角砾、半深海和深海泥、同生物成因有关的沉积物。而且由于在板块构造旋回中洋壳的最终俯冲，因此这些盆地保存的可能性很低。

四、古走滑盆地的识别

构造和沉积特征是识别走滑盆地的可信鉴别标准。有用的标准概括如下：

(1) 沉积和相匹配的物源区的横向错断，尤其对于粗粒相。

(2) 相同或相关的沉积中心的横向错断。

(3) 局部独特的岩石类型或时代明确的地貌特征的横向错断，如海岸线和侵蚀峡谷。

- (4) 在盆地一侧或多侧存在已知的走滑断层。
- (5) 具同一有序阶步方式的断层之间或断层两侧存在雁行褶皱。
- (6) 沉积中心的横向迁移平行于主走滑断层。
- (7) 沿主盆缘走滑断层分布的粗粒崩塌、冲积扇、扇三角洲、海或湖相沉积裙及相关沉积,其组分和当前毗邻的物源区不匹配。
- (8) 存在很厚但横向受限的沉积层序,其特征是高沉积速率,多种岩相、相变快、多种岩石物性、广泛的向上变粗的准层序。
- (9) 沿盆缘或在盆内与大量不整合有关的局部隆升和侵蚀,它们与邻近的厚层沉积层序同期。
- (10) 由于垂直于剖面方向的走滑活动,因此不能对地震或构造横剖面上的地层长度和体积做正确的二维平衡。

同时,因为以下多种因素通常使走滑盆地的识别变得困难,它们是:

- (1) 盆地的沉积和构造史复杂。
- (2) 沿主要走滑位移带的横向运动难以最终证明。
- (3) 横向运动常使盆地或盆地某些部分从其初始位置发生分离、旋转、转移,使古地理和古构造恢复困难。
- (4) 多个旋回幕的沉降和隆升常毁掉了盆地构造和沉积史记录的主要部分。
- (5) 在大陆边缘和陆内构造部位的许多盆地的沉积地层全部是非海相的,导致地层对比和年代控制都很差。
- (6) 这类盆地的二维横剖面特征与裂谷盆地和前陆盆地相似。
- (7) 随着构造背景的变化,走滑断层可以其它类型的断层重新活动。
- (8) 大洋走滑盆地常被尔后的俯冲作用毁掉。

五、小结

依据断裂模式及形成机理,至少可确定六种类型的走滑盆地。盆地形成于不同的构造背景,且当断块在时空上发生上升、下降、汇聚、离散、转换时,盆地则常经历变形和改造。这些盆地的形态、构造、沉积背景和演化取决于构造、沉积、气候、古地理因素的相互综合影响。许多长期发育的走滑盆地是多旋回的,在复杂的花状构造内经历了多幕的扭张沉降和扭压隆升。物源区、盆缘、沉积相、沉积中心的横向位移提供了识别走滑断层区的综合标准。

通过彻底理解其它类型盆地如何形成和发展,可提高对走滑盆地的理解。由于走滑断层作用是许多板块边界和板内作用的重要成分,因此较好的理解走滑盆地也将有助于理解其它构造背景。连续的断裂位移和多旋回幕的沉积和隆升常使多数长期发育的走滑盆地归为“复合盆地”总类之中。没有详细的四维(4D)重建,则它们原始的古构造格局很难识别和恢复。

第二部分 各类走滑盆地实例

走滑盆地的一般特征及其分类在第一部分已作讨论。第二部分分别介绍每种类型的实例。走滑盆地的成因及演化史特别复杂。许多长期发育的走滑盆地最终部分至全部都被后续的隆

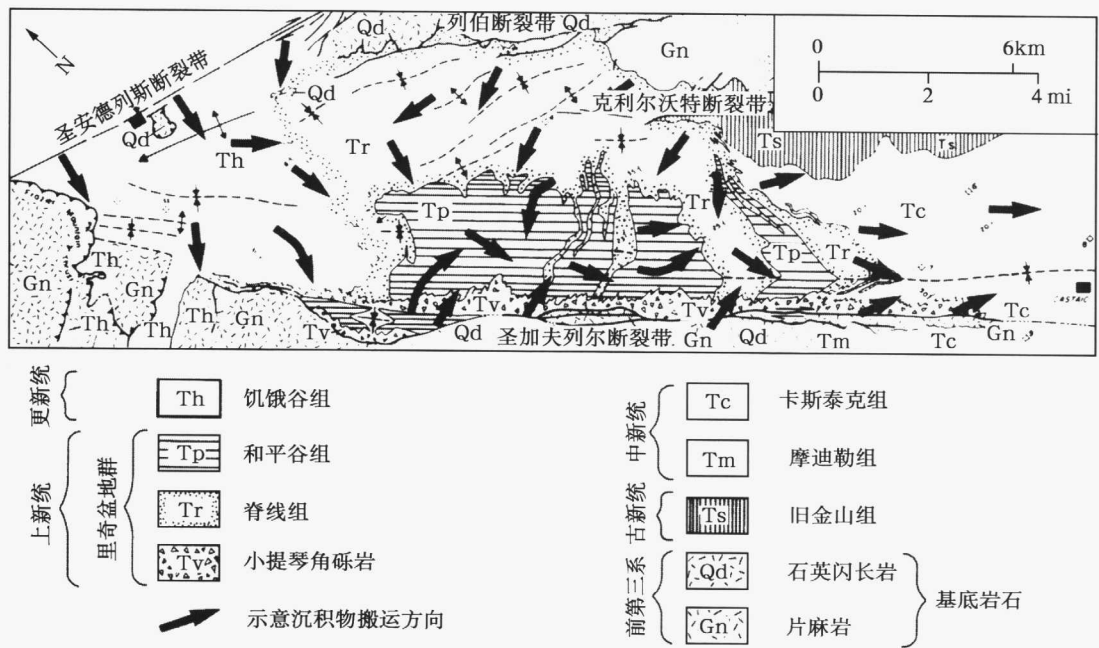
升、变形、侵蚀所毁坏。因而挑选出盆地初始生长和发展阶段的格局通常是很难和有争议的。许多人对形成现代走滑盆地的作用持有不同意见。虽然我们熟悉的例子在文献中已很好地描述过，但其他人显然有不同的观点。由于篇幅有限，因此论述不能涉及每个盆地的全部。读者可参考第一部分的图 1 和图 2。

一、断裂弯曲盆地

因为弯曲的走滑断层非常常见，它有多种不同的成因，因而邻近松弛弯曲带的断裂弯曲盆地可能是现代和古代记录中最丰富的走滑盆地。

里奇盆地（南加利福尼亚州）是研究最完善的断裂弯曲盆地之一，发育在中新世和上新世，右行的圣加夫列尔断层分布在东北翼。它的总滑移量约为70km（图5）。盆地长30~40km、宽6~15km，盆地区面积约400km²。盆地内地层厚度达13km，沉积速率约为3mm/a。盆地现已褶皱变形为一非对称的向北西倾没的向斜，构造轴靠近圣加夫列尔断层并与它平行。虽然圣加夫列尔断层在盆地演化的多数时间内主要为右行走滑边界断层，而在上新世晚期，右行滑动活动的中心最后转移到了现在仍在活动的圣安德列斯断层。

盆地西南翼北西向迁移的物源区的粗碎屑穿过圣加夫列尔断层泻下，形成小提琴角砾岩，其主要由冲积扇和扇三角洲组成。当盆地变宽变长时，克利尔沃特和列伯断层开始活动，沉积物从其隆升的肩部从东北部泻入盆地。沿东北侧和附近的莫哈韦沙漠的多数碎屑物由河流搬运至盆地。沉积聚积表现为冲积扇、扇三角洲、河流、三角洲、滨岸、浅至深海和里奇如特组湖相沉积。在盆地演化的晚期，饥饿谷组粗粒冲积及冲积扇沉积物从东北部穿过圣安德列斯断层搬运到盆地。沿着盆地断裂边界的西南边缘，湖相和平谷组细粒沉积和海相卡斯泰克组浊流沉积间断性地堆积在盆地的较深部分。



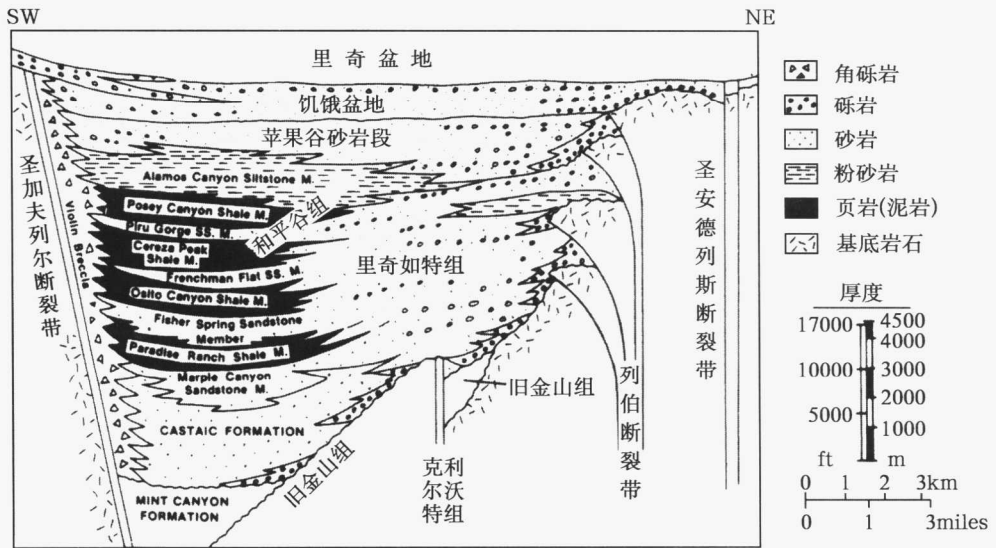


图5b 里奇盆地简图 (据 Crowell 和 Link)。

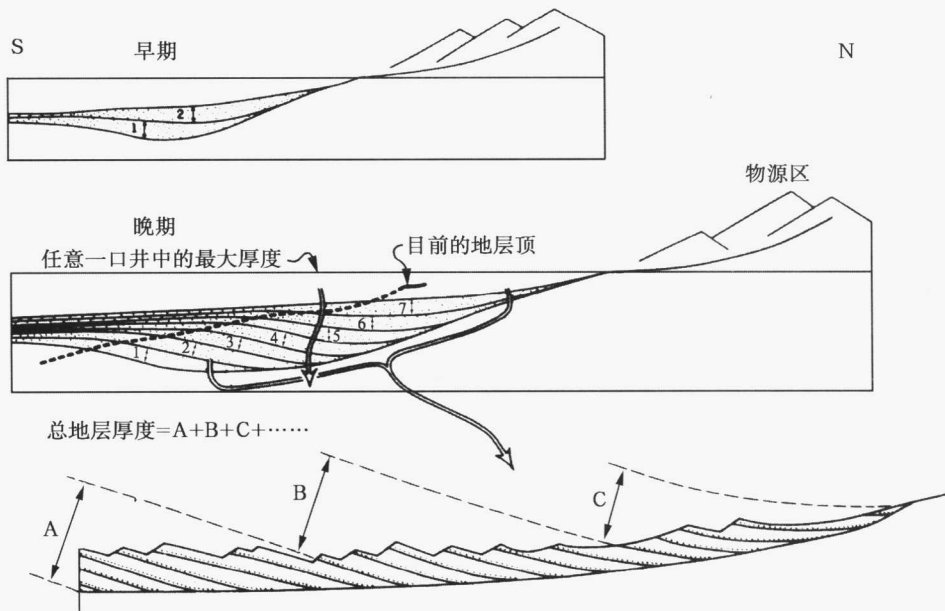


图5c 里奇盆地示意图，表明盆地轴向地层的排列平行于沉积凹陷方向 (据 Crowell 和 Link)。

当小提琴角砾源岩区沿圣加夫列尔断层通过右行走滑以相同的方向迁移时，沉积中心在这时期向西北方向迁移。源自盆地侧翼的粗粒沉积物沿盆地地形轴被搬运至东南部。沉积中心连续的充填沉积造成盆地内巨大的地层厚度。然而，由于叠瓦状几何特征，盆地内任一点的地层厚度却相当小 (图 5c)。圣加夫列尔断层的弯曲可能引起了小提琴角砾源岩区的隆升。Crowell (1982) 和 May 等 (1993) 都提出了盆地的构造演化模型，强调盆地形成于主断层的弯曲部位。之后盆地遭受褶皱、隆升，并由于圣安德列斯断层不断的右行走滑作用使之转

移到东北约 220~240km (原文如此) 处。

拉冈萨雷斯盆地 (委内瑞拉西北部) 发育在博科诺断层一个显著的松弛弯曲部位, 该断层是一条自晚第三纪 (大概上新世) 至今仍在活动的走滑断层 (图 6)。断层长约 500km, 位移不足 100km。盆地约 40km 长、5km 宽, 盆地区面积约 200km²。周围山区比盆地区高出 2000m。约 7~9km 的右行走滑量、伴有约 1km 的垂直断距, 盆地形成于中至晚更新世。盆地沉积覆盖在前第三纪岩石之上, 主要来自于盆地两侧的河流沉积, 可划分为四个主要的气候—构造层序。现代水系主要为轴向方向, 向西—西南方向流动。

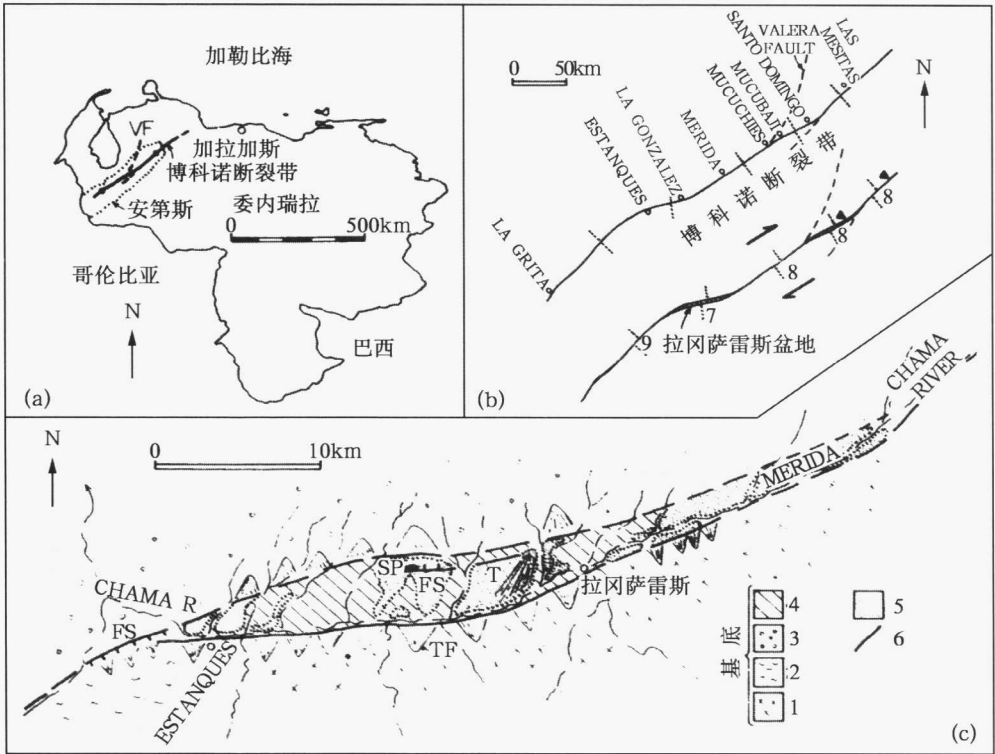


图 6 委内瑞拉西北部拉冈萨雷斯盆地的构造格架 (据 Schubert)。(a) 位置图。(b) 沿博科诺断裂带的断层弯曲盆地。(c) 拉冈萨雷斯盆地的地质略图。(1) 前寒武系;(2) 古生界;(3) 古生界和 (或) 中生界;(4) 剪切断裂带;(5) 第四系冲积沉积;(6) 断裂迹线, 间断线为不确定段。FS= 断层崖; SP= 下陷池塘; T= 断槽; TF= 三角面。

二、侧列重叠盆地

多数走滑断层被分段成雁行排列, 各段之间部分重叠。侧列重叠盆地形成于具有松弛特征的断层段之间, 形成的盆地可能很复杂, 其形成部分取决于两侧列断层间的距离、侧列断层重叠区的数量以及至基底的深度。如基底深, 则发育单中心的盆地; 如基底浅, 就发育多个沉积中心的小型次级盆地。当位移继续, 单个盆地或次级盆地可合并成单一的大盆地。随着侧列重叠区数量的增加, 将发育二个或多个盆地。

中国北部盆地 (渤海湾盆地, 面积为 $20 \times 10^4 \text{km}^2$) 自始新世早、中期开始发育, 经历了中上新世后的局部和快速的沉降, 直至今日仍继续有地震活动。盆地发育在克拉通内背景,

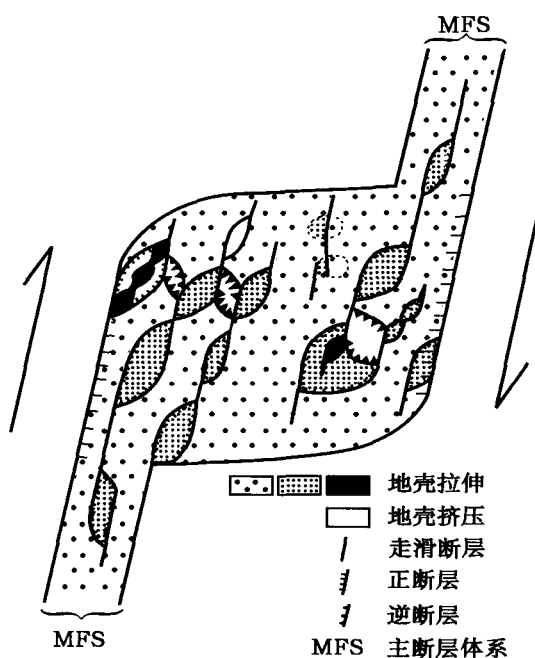


图7 推断的中国北部盆地形成作用示意图(据 Nabe-bek 等)。盆地内不同级别的盆地具相同的几何特征。存在局部隆起区,它们是沿走滑断层小型弯曲或由于相邻走滑断层之间的相互作用的结果。也可能发生复杂的块体旋转,盆地东西宽度约600km。

轻和活动的沉积充填(死海地区)主要由上新世和更新世塞多姆组海—湖相盐岩、湖相蒸发碳酸盐岩、碎屑沉积层组成。地层层序具有非对称地堑横剖面的特征,向东加厚,可能因为盐层与基底间的拆离使之相对未形变。盆地向南北两端变浅,两端没有横向边界断层。由于两条边界侧列重叠断层间南北侧翼的被动塌陷使盆地中部似乎加长。伴随盐的底辟作用,沉积中心向北迁移,形成了以快速相变为特征的地层。

三、扭转盆地

扭转盆地是以断裂为边界,沿着块体边界或在块体边界内发育的盆地,块体在剪切带内差异旋转,而不是沿单一的断裂线旋转。块体围绕直立或近直立的轴旋转可产生三角形、菱形或长条形盆地,盆地可占据走滑带内的很大面积至很小的面积。

洛杉矶盆地具有复杂的演化历史,许多人认为它是在一个大的右行单剪区域内由于大型块体顺时针差异旋转、结合早中新世至早上新世期间重要的拉张裂谷作用形成的扭转盆地。盆地大致呈三角形,约40km宽,60km长,面积2400km²(图9)。盆地内可分出数个次级盆地,其边界通常为北西走向的断层,包括地下的盲冲断层和基底隆起。在北侧,一系列北倾逆断层使西部横断山区的结晶基岩抬升逆掩在沉积地层之上。沿盆地的东及东南侧,右行走滑断层将盆地沉积与北部横断山区的结晶基岩上覆的变形白垩系和下第三系分隔开。盆地西

位于大型右行走滑断层内的松弛侧列重叠地带(图7)。沉降区内一系列非平行的、右行、北东走向的断层受大盆地内大量正断层和逆断层运动的影响,产生了复杂的次级盆地格局。断裂格局受下伏基底老断裂复杂格局的影响,这些老断层将基底分成不规则的块体。与近代地震有关的走滑活动说明沿大型盆缘边界断层运动产生的沉降能够引起较小的盆内断层的活动。

死海盆地沿死海边界转换带分布(图8),它调节了阿拉伯和非洲板块间的左行滑动,总水平断距约105km,盆地形成于中中新世15.5Ma和11.5Ma前。盆地长约130km,宽15km,面积2100km²。盆地沿北部的约旦峡谷断层和南部的阿拉瓦断层间的侧列重叠松弛部位发育,两条断层都为直立的左行滑动断层。盆地之下为前寒武系深成侵入岩和变质岩及覆盖其上的古生代和中生代薄层沉积。

几条横向正断层将盆地划分为数个独立的次级盆地,长20~30km。盆地沉积物由厚度大于7km的晚新生代河流三角洲、海相、湖相和蒸发岩组成。南部的阿拉瓦盆地中最早的充填物由中新世的河流相沉积组成。北部的更年

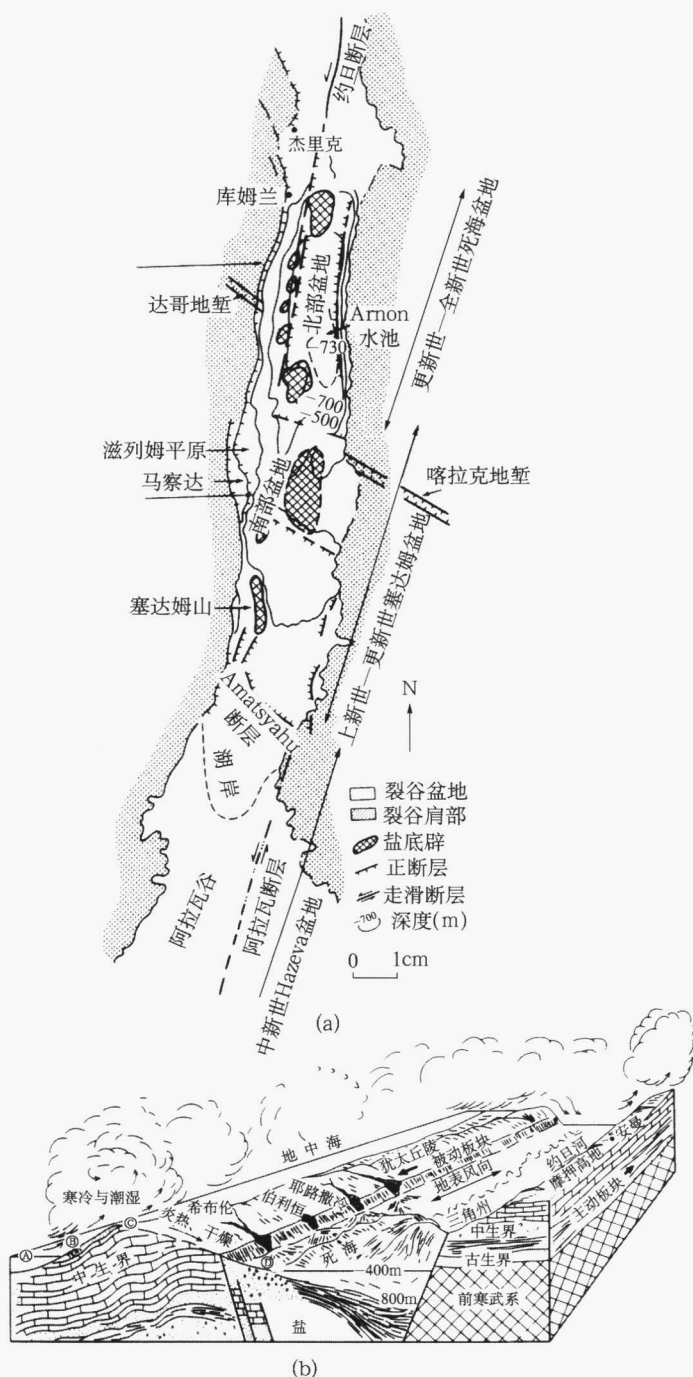


图8 死海地区地质背景(据 Manspeizer)。(a)死海—阿拉瓦盆地地质图,显示构造要素、自然地理特征、沉积中心向北迁移及海深所表现出的盆地的不对称性。早中新世约60~65km的走滑量开启了阿拉瓦盆地,在走滑间歇阶段沉积2km厚的红层。之后经过4.5Ma的位移,形成4km多的塞多姆组海相至湖相盐岩沉积,其上覆地层为3.5km厚的湖相蒸发碳酸盐岩和碎屑岩沉积。(b)立体示意图视向北,概略展示盆地自然地理、构造格局、沉积体系。盆地裂谷肩部不同年代的岩层、地貌、深度、盆地地层向东加厚等特征表明盆地构造的不对称性。

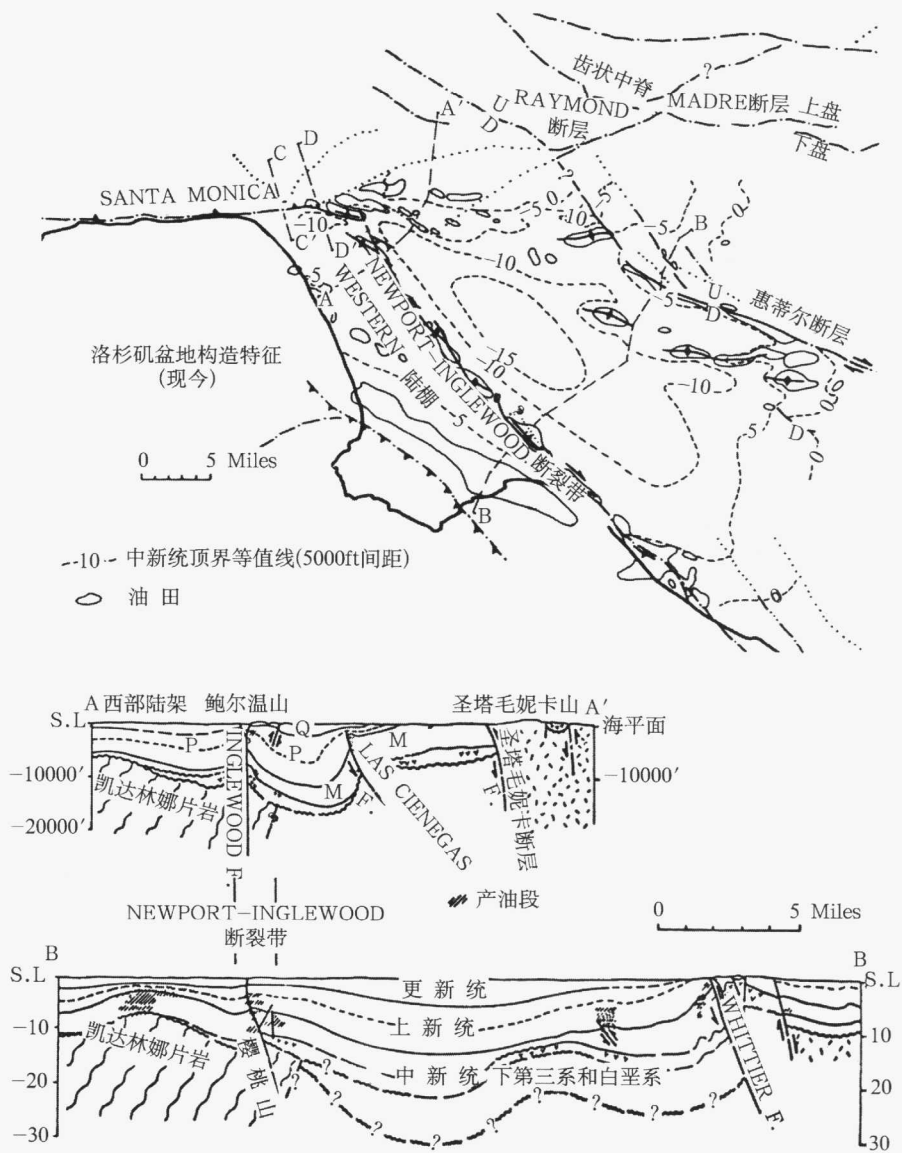


图9 (a) 构造示意图。(b) 洛杉矶盆地地区横剖面(据 Wright)。An= 阿纳海姆鼻；
M= 中新统；P= 上新统；Q= 第四系。横剖面垂向标度为千英尺。

南侧的边界断层是北西走向的右行走滑的纽波特—英格尔伍德断层。

第三纪晚期的沉积以深海浊积长石砂岩为主，夹蒙特里组的半深海硅质页岩。在盆地的中央，上新统和第四系海相和非海相碎屑地层有10km厚。盆地现在仍接受沉积并且仍在变形。

莫哈韦沙漠中部早中新世的隆升拉张和拆离断裂活动以及随后的北西—南东向区域单切活动形成了莫哈韦沙漠盆地(南加利福尼亚)，单剪活动使不规则形状块体围绕近于直立的轴旋转。在以旋转块体为边界的盆地中，巴斯托盆地最大。其长约100km、宽20km。盆地内发育了厚度大于1km的中新世和上新世冲积、河流、湖相、火山碎屑、蒸发岩沉积，沉积受中等程度褶皱、断裂和旋转。