

断层构造地貌相关综述

叶哲隆

云南师范大学地理学部，云南 昆明

收稿日期：2025年9月26日；录用日期：2025年11月28日；发布日期：2026年1月7日

摘要

断层指地壳岩层在地应力作用下发生脆性破裂，并沿破裂面产生明显位移的构造现象。断层在地壳中广泛发育，常常控制含油气盆地的形成、发展和演化；控制盆地内次级构造带及圈闭构造的形成、发育和分布；控制盆地内沉积作用和沉积相带的展布以及油气的生成、运移、聚集和保存。断层也是许多内生金属矿床的运移通道和富集场所。研究断层的意义非常重大，它不仅是地质学的核心问题之一，还与资源、环境和灾害密切相关，能够直接服务于防震减灾、能源资源勘探、地下水开发以及工程建设安全，在地质学和社会经济发展中都具有核心意义。

关键词

断层，断错地貌，断陷盆地，断裂谷

A Review of Fault-Related Geomorphology

Zhelong Ye

Faculty of Geography, Yunnan Normal University, Kunming Yunnan

Received: September 26, 2025; accepted: November 28, 2025; published: January 7, 2026

Abstract

Faults refer to brittle fractures in the Earth's crust under tectonic stress, characterized by significant displacement along the fracture surface. Faults are widely distributed in the crust and often control the formation, development, and evolution of petroliferous basins. They influence the formation, development, and distribution of secondary structural zones and trap structures within basins, as well as the distribution of sedimentation, sedimentary facies belts, and the generation, migration, accumulation, and preservation of hydrocarbons. Faults also serve as pathways and enrichment sites for many endogenic metal deposits. The study of faults is of great significance, as it is not only a core issue in geology but also closely related to resources, the environment, and disasters. It directly contributes to earthquake prevention and disaster mitigation, energy and resource exploration,

groundwater development, and engineering construction safety, holding central importance in both geology and socio-economic development.

Keywords

Fault, Fault-Related Landform, Fault Basin, Rift Valley

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 断层活动在不同空间尺度上的地貌响应

1.1. 宏观尺度

在宏观尺度上,断层是控制区域地貌格架,断层活动控制着大陆和区域的基本地形轮廓。逆冲断层是板块挤压汇聚的直接结果。大规模的逆冲推覆构造会促使地壳缩短、增厚,直接隆升形成宏伟的山脉[1][2]。最典型的例子是喜马拉雅山,由印度板块俯冲到欧亚板块之下,沿一系列大型逆冲断层(如主中央逆冲断层 MCT、主边界逆冲断层 MBT)持续活动而不断隆升。

正断层在拉张性构造环境下活动会形成“盆岭相间”的地貌。断层盘上升的一盘形成山脉,下降的一盘形成盆地[3]。美国西部的盆地与山脉省是教科书式的范例,那里有大量南北走向的平行山脉和山谷。

1.2. 微观尺度

微观尺度是野外地质调查中需要近距离观察的证据,是确认断层活动性和性质的“铁证”。地震地表破裂带:在一次大地震中,断层活动可直达地表,形成连续的裂缝、陡坎、鼓包和凹陷。例如 2008 年汶川地震沿映秀-北川断层产生了长达数百米的地表破裂带,其垂直和水平错动清晰可见。新鲜的断层陡坎坡度很陡,有时可达 70~80 度。通过测量其高度、坡角以及上覆沉积物的年龄,可以精确计算单次地震的位移量和复发间隔。在走滑断层带中,由于局部拉张或挤压,会形成小型的地堑或地垒,在地表表现为线性的凹陷或隆起。断层两盘相对滑动时在断层面留下的痕迹,可以直观地判断断层活动的运动方向。

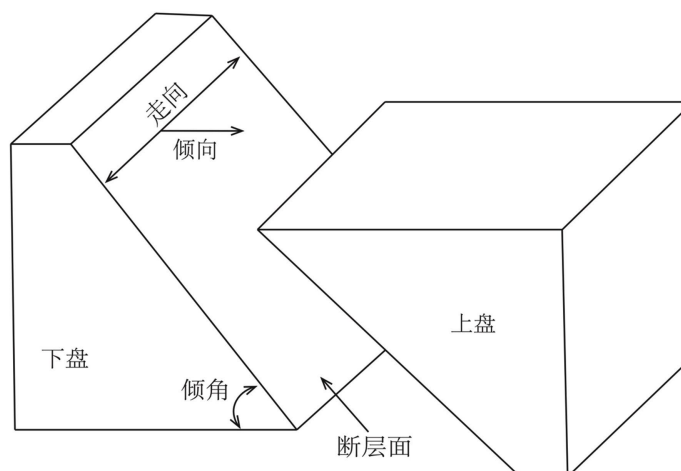


Figure 1. Schematic diagram of the broken disc
图 1. 断盘示意图

断盘是指由于断层的形成和活动，断层两侧或断层围限下的岩块，见图1。当断层面倾斜时，断层面上方的断盘称为上盘，断层面下方的断盘称为下盘。当断层面直立或描述断盘在平面上的相对位置时，可按断盘相对于断层面走向的方位描述，如南北向断层的东盘、西盘，东西向断层的南盘、北盘等。断盘的相对运动方向决定了断层类型(正断层、逆断层、走滑断层等)。

2. 断陷盆地

断陷盆地是地壳构造作用中常见的一类盆地，由于地壳受张应力或拉张-伸展作用，沿断层块体下沉形成[4]。

2.1. 断陷盆地的地貌特征

断陷盆地是指在地壳因断层活动引起的相对下沉区域，通常形成于构造作用强烈的地区。断陷盆地主要可分为两种：地堑断陷盆地和簸箕式半地堑断陷盆地，见图2。地堑断陷盆地的盆地两侧均为边界断层控制，中间地块整体下降，形成对称的“槽状”构造；簸箕式半地堑断陷盆地仅一侧受断层控制，另一侧为缓倾斜坡，整体形态像簸箕。

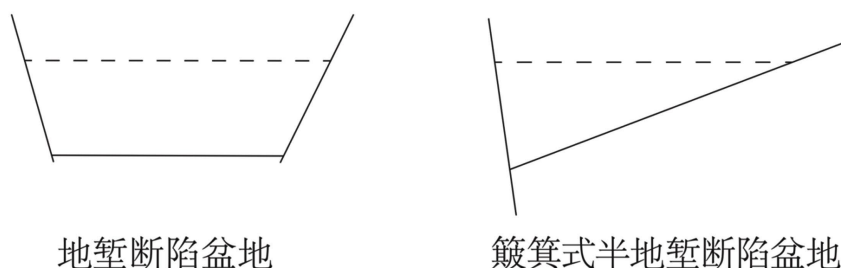


Figure 2. Graben basin types
图2. 断陷盆地类型

2.2. 断陷盆地的成因

当地壳受到区域性张应力场作用(如板块张裂、地幔上涌等)，上地壳发生破裂并沿断层下沉。拉张作用导致正断层发育，断块间发生差异性运动，从而形成下沉的盆地和相对隆起的地块。初期由构造拉张形成的盆地，随着地壳冷却和密度恢复平衡发生热沉降，这一阶段盆地进一步加深，为后期沉积提供空间。

2.3. 断陷盆地的沉积结构

断陷盆地的沉积结构可从两方面来看：一是沉积物成因类型结构；一是沉积物时间序列结构[5]。沉积物成因类型结构指的是在断陷盆地中，由不同物源条件、搬运方式、沉积环境与能量条件形成的各种沉积体系组合及空间展布特征。换句话说，它体现了盆地在空间上的“哪里沉什么、怎么沉”的规律。从成因类型结构看，断陷盆地的沉积结构具有明显的构造控制性与空间非对称性，沉积体系由陡坡至盆地中心依次为冲积扇-扇三角洲-湖泊沉积，构成楔状、分带、分相的组合格局[6]。

在断陷盆地中，由于持续的断层活动与沉降作用，沉积物在时间上的堆积具有一定的规律性。这种规律主要受控于断陷演化阶段和盆地沉降速率-沉积供给量之间的关系[7]。在盆地迅速下沉的初始断陷阶段，沉积物以粗粒物质为主(角砾岩、砾岩、砂岩)；此后断层活动趋于稳定，盆地整体持续缓慢下沉，盆地内部发育湖泊、沼泽环境，沉积以细粒沉积物(泥岩、粉砂岩)为主，沉积环境趋于稳定，形成厚层连续沉积；最终断陷作用减弱，盆地逐渐充填，地形变平，沉积物向上变粗，以三角洲、辫状河冲积物为

主, 湖泊逐渐萎缩, 可能出现蒸发岩沉积(石膏、盐类), 记录盆地逐渐消亡的过程。

大理盆地位于滇西北 - 滇中地块内部, 被多个大型走滑断裂控制: 大理断裂系统直接分割滇中地块, 是盆地形成的主控断裂, 洱海正断层构成盆地东侧边界, 并包含多个断裂段, 周边还有红河 - 哀牢山剪切带、怒江高黎贡剪切带、香溪河 - 小江断裂等区域性构造控制地貌格局, 这些构造共同塑造了大理高原的 N-S 向断陷盆地与山地交替的地貌格局[8]。

大理盆地晚新生代最重要的沉积地层为三营组。三营组完整建立了 7.6~1.8 Ma 的磁性地层序列。在 7.6~6.4 Ma 期间为初始断陷 - 高沉降速阶段, 沉积物主要为沼泽 - 湿地煤层、泥炭质粘土和河流砂, 沉积速率最高为 22.8 cm/kyr。在 6.4~3.6 Ma 期间为湖相 - 红层沉积阶段, 沉积物主要为红色砂、灰色粉砂和粉质黏土, 沉积速率降低至 9.4 cm/kyr。在 3.6~2.5 Ma 期间为盆地加深 - 沉积速率重新升高阶段, 沉积物中首次出现粗碎屑砾石, 其砾石被证明来自剥露的古近纪砾岩, 沉积速率再次升高至 21.2 cm/kyr。在 2.5~1.8 Ma 期间为明显构造沉积阶段, 沉积物中大部分细粒河湖相沉积被巨厚砾岩与构造变形层取代[8]。

3. 断裂谷

3.1. 断裂谷形态特征

断裂谷是沿断裂或断裂带形成的狭长低洼地带, 是典型的构造地貌[9]。它往往与区域性断裂活动密切相关。断裂谷常沿断裂走向分布, 地貌形态笔直或呈弧形, 延伸距离可达数十至上千公里, 与自然河谷的弯曲蜿蜒相比, 断裂谷表现出明显的直线性, 谷壁陡峭、不对称, 谷地两侧常受断层控制, 形成陡峭的断崖。

3.2. 断裂谷中的高位古河道

断裂谷或断陷盆地边缘, 由于地壳断裂、地块差异性沉降, 原先的河道被抬升或切割, 保存在较高位置的古河流遗迹, 被称为高位古河道。其分布于断裂谷边缘台地或阶地上, 呈条带状、弧形洼地, 常见河床砾石层, 明显高于现今谷底, 常与断裂面平行或交切, 证明河道被构造活动所控制。例如在青藏高原东北缘——黄河上游玛曲 - 合作地区发育有沿松潘 - 甘南断裂带的断陷谷地, 古黄河早期流经高位河道, 后因断陷加剧改道至更低的槽谷中, 高位古河道保存在断裂谷两侧台地上, 距现河面高出约 80~150 m, 河道沉积以砾石层为主, 显示强流沉积特征[10]-[12]。无独有偶, 在云南滇中断陷带——滇池地区的滇池盆地属活动断陷盆地, 周围山地有多条高位古河道遗迹。古河道沿滇中断裂发育, 原为古滇河流系; 随着滇池断陷继续下沉, 河流改道入湖, 原河床留在山前高位。古河道沉积以卵石、砂层为主, 局部夹火山灰层, 可用于测年[13] [14]。

4. 断层错断地貌

断层错断地貌是由断层活动引起地表岩层或地貌单元的垂直、水平或斜向错移所形成的地貌类型。它既反映了地壳的构造运动性质, 又记录了区域的地貌演化与地震活动过程。按断层运动性质可分为: 正断层、逆断层、走滑断层和斜滑断层等。断层错断地貌可以分为构造单元错断地貌与水系错断地貌两大类。

4.1. 沟谷错断变形

受活动断层控制的沟谷(或河流、溪流), 因断层的位移而发生错移、弯曲、错断、拉张或压缩变形。若为走滑断层控制, 沟谷整体呈左右横向错移; 若为倾滑断层控制, 沟谷被断层错断, 出现上下高度差, 当上盘相对下降时, 沟谷呈“阶坎式”, 反之, 沟谷被抬高。断层活动引起地壳的差异性位移, 地表随之

被抬升、下陷或水平错移,从而形成错断的地貌形态。当断层上升或走滑使原河道被切断,上游失去下游连接,就形成断头河[15]。

断头河溯源侵蚀方向受断层控制,河流容易在断裂弱带发生溯源侵蚀,当断层为活动断裂时,断头河常沿断层破碎带延伸,形成新的沟谷。如果活动断层错动,使河道产生明显的高度差,上游水流被截断在断层台阶上,不能顺利下泄,于是形成断塞塘[16]。圣安地列斯断层是全球著名的走滑断层,其活动造成了大量的断头河现象,这些断头河被上游的河水替代,或者通过新的通道流向其他区域,形成错断的水系[17]。通过测定断头河的错移量与溯源侵蚀特征,能反映断层的性质与活动速率。

4.2. 河流阶地错断变形

断层错断阶地的实例是屡见不鲜的,它既表现为阶地的垂直错移,也有水平错移[18]。

断层的垂直错移表现为阶地面被切割,形成明显的“台阶对台阶”错动。它会使阶地在断层两侧发生上下高差,高差大小是构造位移量、侵蚀削低和沉积堆积的综合结果。在构造强烈、侵蚀弱的地区,高差较大;在沉积旺盛或侵蚀强烈的地区,高差被减弱甚至掩盖。

断层的水平错移表现为阶地相对位移,阶地上的河流沟槽呈“折断-错移”。它会使阶地边缘或阶地沟谷在断层处被横向错移,常见左旋或右旋走滑错移特征。即在与走滑方向一致的阶梯状弯曲(右阶或左阶),形成拉张裂谷、断陷盆地;在相反阶梯状弯曲处,则形成挤压隆起。

5. 总结

断层和断陷盆地是地壳构造活动中密切相关的地质现象。断层是地壳内岩层因构造应力作用发生断裂并产生相对位移的地质结构,其形成通常与地壳的拉张、挤压或剪切应力有关。断层的活动可导致地壳某些部分上升,而另一部分下沉,进而形成断陷盆地。断陷盆地则是由一系列断层控制的地貌单元,通常伴随有强烈的沉降现象,常见于拉张环境中。这些盆地通常表现为地形的低洼区域,沉积物在这里积累,形成典型的湖泊、冲积扇或三角洲沉积。断层和断陷盆地的演化过程往往与构造、气候变化及物源供给紧密相关,能够提供有关地壳运动、沉积环境以及区域构造演化的重要线索。

参考文献

- [1] 周桂云,董金梅,程鹏环,等. 工程地质[M]. 南京: 南京东南大学出版社, 2012.
- [2] Kiani, M., Akhlaghi, T. and Ghalandarzadeh, A. (2016) Experimental Modeling of Segmental Shallow Tunnels in Alluvial Affected by Normal Faults. *Tunnelling and Underground Space Technology*, **51**, 108-119. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2015.10.005>
- [3] 孔思丽,程辉,胡燕妮,等. 工程地质学[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2017.
- [4] 康玉柱. 全球沉积盆地的类型及演化特征[J]. 天然气工业, 2014, 34(4): 10-18.
- [5] 杨景春,李有利. 地貌学原理[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [6] 罗星云,张永宏. 云南新近纪聚煤盆地特征及成因类型[J]. 中国煤炭地质, 2013, 25(9): 10-17.
- [7] 焦养泉,周海民,刘少峰,等. 断陷盆地多层次幕式裂陷作用与沉积充填响应——以南堡老第三纪断陷盆地为例[J]. 地球科学, 1996(6): 69-72.
- [8] Li, S., Deng, C., Yao, H., Huang, S., Liu, C., He, H., et al. (2013) Magnetostratigraphy of the Dali Basin in Yunnan and Implications for Late Neogene Rotation of the Southeast Margin of the Tibetan Plateau. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, **118**, 791-807. <https://doi.org/10.1002/jgrb.50129>
- [9] 辛聪聪. 基于 DEM 雅鲁藏布江东构造结河谷地貌及其地质环境效应研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2019.
- [10] 贾召亮. 甘孜-玉树断裂东南段构造地貌及活动性研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2017.
- [11] 余扶树. 雅鲁江格尼水电站构造稳定性评价及坝址比选[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2013.

-
- [12] 张建岭. 雅砻江中游构造地貌特征及演化[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2012.
- [13] 刘洪, 黄瀚霄, 欧阳渊, 李文昌, 张景华, 张腾蛟. 新构造活动的生态地质环境效应讨论——以扬子西缘西昌市为例[J]. 中国地质调查, 2021, 8(6): 63-77.
- [14] 蔡明刚, 鲁人齐, 何宏林, 等. 水域三维地形与活动断层探测研究——以西昌邛海为例[J]. 地震地质, 2018, 40(1): 204-214.
- [15] Rundle, A.S. and Rowe, R.K. (1974) A Study of the Land in the Catchment of the Broken River. Soil Conservation Authority, Victoria.
- [16] 徐伟, 刘志成, 王继, 等. 西藏阿里地区喀喇昆仑断裂断错地貌及最近强震活动时代的初步研究[J]. 地震地质, 2022, 44(4): 925-943.
- [17] 王汉青. 青藏高原东北缘民和盆地地貌演化及景观特征分析[D]: [硕士学位论文]. 曲阜: 曲阜师范大学, 2021.
- [18] Zheng, W., Bi, H., Wang, X., Zhang, D., Huang, R., Zhang, P., *et al.* (2020) Constraining Paleoearthquakes by Combining Faulted Stratigraphy and Microgeomorphology: A Case Study on the Haiyuan Fault, Northwestern China. *Seismological Research Letters*, **92**, 895-908. <https://doi.org/10.1785/0220200143>