

河流地貌对构造活动的响应

史兴民, 杨景春

(北京大学城市与环境学系, 北京 100871)

摘要: 以前人的研究工作为例, 讨论了河流地貌对构造活动的响应。对河流阶地、河流冲洪积扇、河谷形态、水系格式与河道变迁等对构造活动响应的模式、机理进行了分析。这对于我们通过河流地貌研究活动构造有重要意义, 同时对河流演化的研究, 水土保持研究也有积极意义。

关键词: 河流地貌; 构造活动; 响应体系

中图分类号: P512.31

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2003)03-0048-04

Response of Fluvial Geomorphology to Tectonic Movement

SHI Xing-min, YANG Jing-chun

(Department of Urban & Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: According to many researchers' achievement, the response of fluvial geomorphology to tectonic movement is discussed. Response models and mechanism of alluvial fan, terrace, channel pattern, drainage network to tectonic movement are analyzed. It is important significance to research active tectonics by fluvial geomorphology. It is also important to research soil and water conservation and the river evolution.

Key words: fluvial geomorphology; tectonic movement; response system

河流是对构造活动极其敏感的^[1]。河流地貌与构造活动的密切关系在许多研究中都被证实^[2~4]。阶地、冲洪积扇、河谷的形态、水系格式等都会对构造活动做出积极响应。我们可以通过河流地貌对构造活动的响应体系——这一工具来研究活动构造和河流的过去、现在和未来, 而活动构造和河流对工程地质和水土保持研究有重要意义^[5]。

1 阶地对构造活动的响应

阶地的形态表现对构造活动有明显的反映。正常情况下, 各级阶地大致和河谷平行, 但在构造活动作用下, 阶地会发生各种变形。

(1) 某地区内地壳大面积均匀上升, 河流普遍下切侵蚀, 在整个流域内都将形成阶地。

(2) 在同一时期内, 如果在一地区地壳上升幅度大, 速度快, 而另一地区上升幅度小, 速度慢, 那么在上升幅度大的地区, 阶地高度将比上升幅度小的地区大。如果上升幅度在河口最大, 那么阶地向上游辐聚(图1A)。如果上升幅度在河源最大, 则阶地的纵剖面向上游辐散^[10](图1B)。

(3) 如果同一时期内, 不同地段的构造运动方向不一致, 上升地区形成向上游辐散式阶地, 下降区形成埋藏阶地(图1C)。

(4) 如果河流某段受褶皱构造影响上升, 那么阶地在这一段呈上拱状, 也反映出褶皱的形态。同时阶地的级数也可能增加。例如我们发现天山北麓玛纳斯河横穿玛纳斯背斜, 阶地由于褶皱和逆断层的作用而发生复杂变形(图2)。II级阶地和III级阶地的变形特征相似, 反映出明显的褶皱形态, 背斜两翼的阶地分别向南北倾斜。两级阶地的褶皱变形在逆断层的上盘发育明显, 由于逆断裂F1和F2的影响, 阶地变形曲线出现明显的坡折。同时天山北麓的金沟河、塔西河、奎屯河、呼图壁河等穿过山前褶皱时都发生了明显的拱曲变形^[6,7]。

(5) 如果活动断层横断河谷, 阶地在穿过断层时会被错断, 而不连续^[8]。杨景春等对祁连山北麓河流阶地进行研究, 把当地河流阶地的错断变形分为四种: 单侧型、高单侧低连续型、错断型、高单侧低错断型(如图3, 据杨景春等)^[12]。

(6) 如果断层还有水平运动, 阶地还有水平方向上的错断^[9]。

2 洪积扇对构造活动的响应

无论冲洪积扇范围内的构造活动还是冲洪积扇的上游流域的构造活动, 都会在冲洪积扇的形态和结构上有响应。

收稿日期: 2003-04-25

基金项目: 国家自然科学基金重大研究计划项目(90102016)资助。

作者简介: 史兴民(1975-), 男, 博士生, 主要从事地貌与第四纪方面的研究。

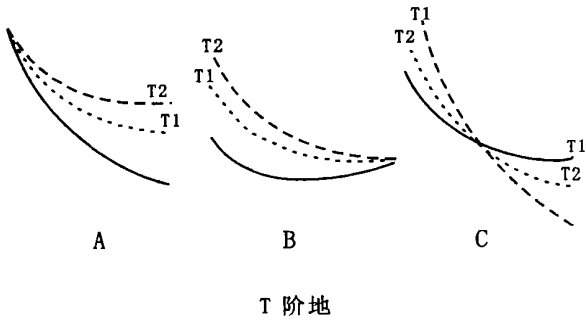


图 1 阶地在纵剖面上可能的关系

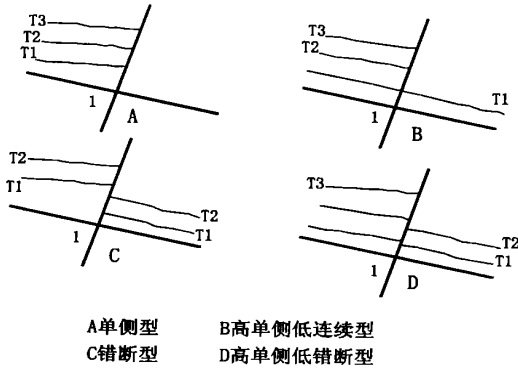


图 3 河流阶地错断变形类型

2 1 洪积扇范围内发生构造运动

(1) 洪积扇范围内发生构造下沉, 而洪积扇的堆积速度和基底下沉速度一致时, 洪积扇的平面形态和剖面结构按正常状态发展。

(2) 当洪积扇基底发生褶皱或断裂运动时, 在相对下降地段, 堆积较厚, 相对上升地段堆积较薄, 在洪积扇上形成陡坎。洪积扇在平面形态上也会有凹凸变化^[11]。相对上升的地方洪积扇平面形态呈凹进型, 相对下降处洪积扇平面形态呈凸出型。图 4B 虚线处可能有一个隆起, 图 4C 虚线处可能有一凹陷。

(3) 当洪积扇受到上升山地牵动而上升时, 洪积扇的顶点将往平原方向迁移, 新洪积扇嵌入在老洪积扇之内, 老洪积扇被切割成洪积阶地, 下降地段, 堆积作用加强, 老洪积扇面被新洪积扇所覆盖。如果山地和平原强烈差异运动洪积扇顶点不断向前迁移, 新老洪积扇不连续形成串珠状洪积扇。如果全区构造运动上升则洪积扇的顶点移动不明显, 而新洪积扇与老洪积扇为嵌入关系。根据袁国映等的研究, 由于新构造运动的作用, 天山北麓玛纳斯河在出山口形成了四层叠置的冲洪积扇, 越新规模越小并向北向下延伸, 反映了天山的不断持续地上升^[13]。

(4) 受断层水平运动的影响或者凹陷中心偏移的影响或者新构造运动不均匀掀斜抬升, 洪积扇会向一侧偏移。

2 2 洪积扇上游流域山地发生构造运动

(1) 当山地上升很快, 河流侵蚀加强, 带到洪积扇上的物质增多, 颗粒也较大, 使洪积扇面积扩大并超覆以前的洪积

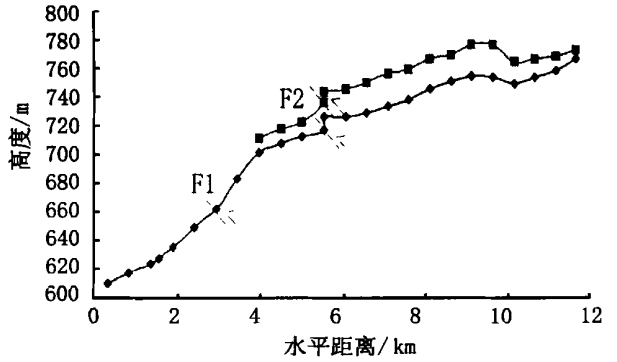


图 2 玛纳斯河阶地变形纵剖面图

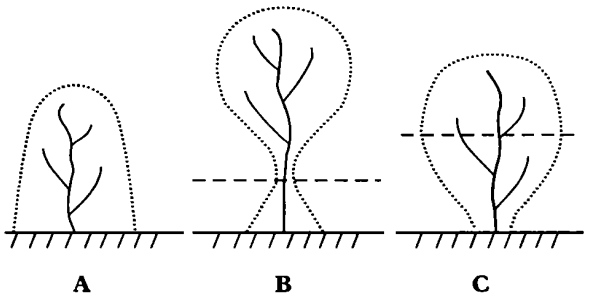


图 4 洪积扇平面图

扇, 剖面中从下往上沉积物颗粒变粗。莫多闻等对贺兰山东麓冲积扇的研究发现正是山前的构造运动不同幅度的升降活动引起了大武口冲积扇和贺兰口冲积扇的差别。由大武口向南新构造活动逐渐增强, 表现为山地高程增加和基岩破碎风化的加剧, 也对扇体面积和坡度以及沉积物粒度的增大产生了影响。而扇体上的构造活动也引起了扇体特征的差异, 首先从地貌上形成了断层陡崖, 其次断层陡崖附近的新的堆积体的形成也和断层活动有密切关系, 第三在断层崖上下的扇体物质迁移发生了变化, 断层崖以上侵蚀加剧, 形成许多冲沟, 而在断层崖以下则发生较多的堆积以补偿断层活动造成的高差。同时在堆积的范围上也发生了变化即堆积主要发生在断层附近, 离断层陡崖较远的部位堆积微弱^[14]。

(2) 当山地停止上升之后, 河流逐渐塑造一愈益平缓的纵剖面, 搬运物质量相应减少, 颗粒也变得细小, 洪积扇面积缩小, 剖面中从下往上颗粒变细。

(3) 不同河道的洪积扇可能会由于山前断裂的影响, 使洪积扇的顶点呈直线或近于直线分布。据李有利等的研究, 酒泉盆地内部北大河、洪水坝河、丰乐河和马营河在山前发育两期洪积扇(图 5, 据李有利等)。第二期洪积扇位于第一期洪积扇的北侧, 形态完整, 面积明显小于第一期洪积扇。两期洪积扇的顶点都受断层的控制, 顶点的连线分别为山前 F1 断层和盆地中山前褶皱带北缘断层所在位置^[15]。

3 河谷形态对构造活动的响应

构造运动可以使河流发生迁移和变形, 在地貌上表现明

显。河谷的形态对构造活动的响应可以分为以下三个模式:

3.1 河谷平面形态对构造活动的响应

(1) 河谷受断层的水平活动的影响, 会发生河谷和冲沟通过断层时向同一方向扭曲的现象。如果断层一次水平活动的幅度大于河谷或冲沟的宽度时, 被错断的沟谷上下游就不连续。被错断的上游被称为断尾河, 下游被称为断头河。这时如果断尾河溯源或者断头河向下游侵蚀形成新的水系, 那

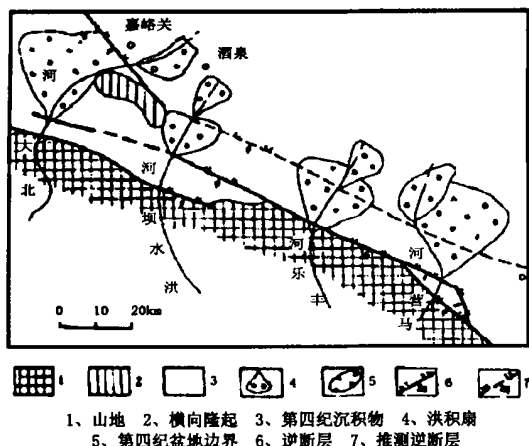


图5 酒泉盆地主要断层、河流及其洪积扇分布图(据李有利等改绘)

(2) 活动构造也能导致河槽不稳定, 表现为侵蚀、堆积、截弯取直或曲流、辫状河道的发育, 运河也会受到影响^[9]。有时候河流会发生微小的变化, 而主要河道不变化^[11]。

3.2 河谷纵剖面对构造活动的响应

河流发育时河谷总是力图达到一个均衡剖面, 当断层活动使河流的侵蚀基准面下降时, 沟谷从断层处开始发生溯源侵蚀。溯源侵蚀的地方在河床上表现为裂点。裂点以下的河床常常形成阶地。所以断层活动使侵蚀基准面每下降一次, 就会形成一个裂点, 裂点以下形成一级阶地。反过来可以根

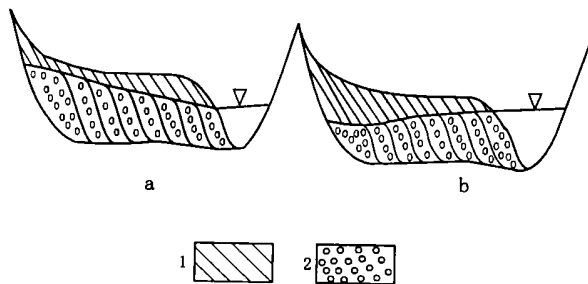


图7 河漫滩二元结构面倾向图

因此断层每次活动都会引起裂点、阶地级数和断层坡度转折次数的变化, 而且它们应该是一一对应的。但是由于侵蚀破坏等原因实际调查中裂点数、阶地级数、和断层陡坎坡度转折点并不完全相同, 所以要对周围各个沟谷的裂点数、阶地数和断层陡坎转折点进行统计。河谷的比降也会因构造垂直活动而发生变化, 即相对上升的地区比降增大, 相对下

么原来对应的断头河或断尾河的河道就被遗弃。如果断层多次快速大幅度运动, 就会形成多条被遗弃的断头河或断尾河。根据断头河或断尾河的个数可以判断断层活动的次数, 根据断头河或断尾河之间的距离可以估计断层活动的幅度。青海热水大通河南岸有三条沟谷被错断而成断头河(如图6)^[8]。

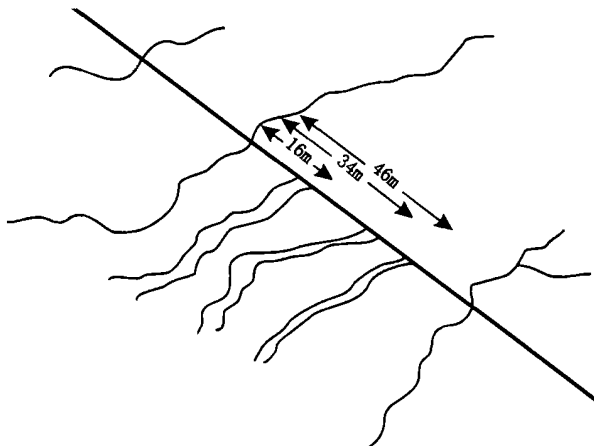


图6 青海热水大通河南岸断层水平活动与沟谷发育(据杨景春、李有利)

据裂点数和阶地级数判断断层活动的次数; 根据阶地地面的高差估计断层活动的幅度; 根据裂点之间的距离可以判断断层活动的时间间隔。

另外断层陡坎或断层崖形成后在外力的侵蚀下, 也会逐渐向后退, 坡度也渐渐变缓, 比断层的倾角要小。当断层再次活动时, 新形成的断层崖或陡坎面的坡度等与断层倾角, 所以断层陡坎上会出现一个明显的坡度转折。根据坡度转折次数可以判断断层活动的次数。

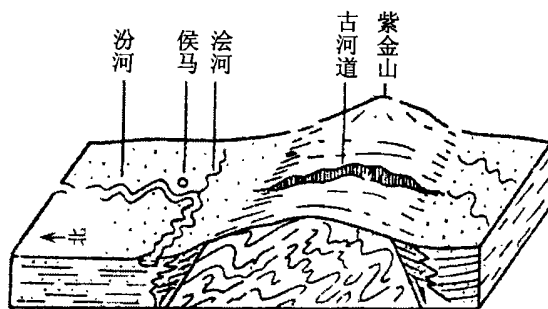


图8 紫金山隆起与汾河改道示意图(据杨景春)

降的地区比降减小。河流比降指标对于坡度变化能灵敏的反映, 因此在垂直变形活动区河谷比降有明显的变化。但是比降同时也反映岩石的抗蚀强度, 所以利用比降判断活动构造时必须考虑岩石的抗蚀强度的影响^[9]。

3.3 河漫滩对构造活动的响应

河漫滩具有明显的二元结构, 二元结构面即河床相与河

漫滩相的界面和平水期河水面的高差可以反映构造运动的上升或下降^[11]。在地壳抬升的情况下, 河流下切侵蚀和侧蚀, 二元结构面倾向河槽。如果二元结构面形成后, 地壳上升, 那么河水面高于二元结构面。如果地壳下降, 二元结构面会向河岸倾斜(如图 7)。

4 水系格式与河道变迁对构造活动的响应

4.1 水系格式对构造活动的响应

水系格式与一定的地质地貌条件密切相关, 对活动构造反映灵敏, 在地形图、卫片、航片上可以获得许多信息。

(1) 平原区水系汇聚反映出基底构造的凹陷性质, 相反水系的辐射反映构造的隆起。另外侯建军等采用水系密度分析法, 研究了渭河盆地隐伏的基底构造的最新活动特征^[16]。即利用水系的线密度和面密度值的等值线圈的大小、轮廓、分布格局, 来反映地面升降程度及其空间差异, 从而研究隐伏构造活动的特征。他们采用水系密度分析法的原理见表 1。

(2) 在支流注入主流附近或在支流的上游呈多次 90° 的大转弯的倒钩状水系, 往往是因为新构造运动使河流改道而形成的。

表 1 水系密度分析原理

构造活动特征	水系特点	水系密度
构造沉降初期或者在沉降强度等于或小于堆积强度	地面低平, 水流缓慢, 河道蜿蜒, 形成网状或辫状水系, 河道分支变多	单位面积内的河流总长度, 亦即水系线密度值增大
构造沉降在其发生的中、后期, 或者沉降强度大于堆积强度	地面低凹, 曲流发育, 河道大大展宽	单位面积内河流总面积, 亦即水系面密度值增大, 而水系的线密度值则发生一定程度的变小
构造上升初期或者隆起强度大于河流下切侵蚀强度	河道单一, 河流迅速迁移或改道, 隆起区内河道稀疏甚至无河道发育	单位面积内河流的总长度变小, 甚至为零
构造上升的中、后期, 或者隆起强度等于或小于河流下切侵蚀强度	将会有新的冲沟自隆起区的边缘向中心溯源发展, 形成放射状冲沟水系, 河道深切而狭窄。然而, 由于隆起使河道深而窄	水系线密度值变大, 而单位面积内河流的总面积, 亦即水系的面积密度值仍然很低

4.2 河流改道

构造活动可以使河流改道, 促成河流袭夺等。

(1) 如果河流流路上遇到构造强烈隆起区, 比如断块山地的隆起, 河流会因无力通过隆起区而改道。被废弃的古河道常形成垭口地形, 垭口内保存由过去河流的冲积物。通过对古河道和冲积物的研究可以推断河流原来的流向, 断层活动的时代等。例如山西南部紫金山- 稷王山抬升, 使汾河改道而往西流, 在河津附近流入黄河。在紫金山- 稷王山抬升的隘口礼元一段, 保留有汾河的古河道和河流沉积物^[8](如图 8)。

(2) 如果河流流经掀斜地块, 河流会向低的地方不断迁移。

(3) 断层活动还会促成河流袭夺, 在台湾的淡水溪由于断层活动河源向西南移动袭夺了大 茨溪的下游有被遗弃的古河道^[10]。

综上所述, 整个河流地貌体系都对构造活动有积极的响应, 反过来可以通过河流地貌的来研究活动构造活动的幅度、次数、时间、速率和周期。活动构造一方面对资源调查、工程选址、减灾防灾等有重要的直接的影响, 另一方面活动构造对河流以及运河的侵蚀、淤积、河道变化、水土保持的影响, 也会对人类有重要的影响。所幸的是我们能够从河流地貌对构造活动的响应入手, 对活动构造和河流的演变做出预测和评估。很明显对河流地貌和构造活动的相互关系的研究是非常必要的。

参考文献:

[1] John Holbrook, S A Schumm. Geomorphic and sedimentary response of rivers to tectonic deformation: a brief review and critique of a tool for recognizing subtle epeirogenic deformation in modern and ancient settings[J]. Tectonophysics, 1999, 305: 287- 306

[2] Bernard Delcaillau. Geomorphic response to growing fault-related folds: example from the foothills of central Taiwan [J]. Geodinamica Acta, 2001, 14: 265- 287.

[3] Youli Li, Jingchun Yang, Zhengkai Xia, et al. Tectonic geomorphology in the Shanxi Graben System, northern China [J]. Geomorphology, 1998, 23: 77- 89

[4] George Philip, Madho P Sah. Geomorphic signatures of active tectonics in the Trans-Yamuna segment of the western Doon valley, northwest Himalaya [J]. India International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 1999(1): 54- 63

[5] 夏正楷. 宁夏地区的新构造运动与水土流失[J]. 水土保持研究, 2001, 2(8): 32- 34

[6] 邓起东, 冯先岳, 张培震, 等. 天山活动构造[M]. 北京: 地震出版社, 2000

2.3 严重破坏交通环境

在水天—武都的干线公路上, 1984 年发生大小崩滑流 3 500 多处, 毁坏桥涵 457 座^[7]。全国几乎所有山区公路都不同程度地受到崩滑流灾害的破坏。如川藏公路沿线分布有泥石流沟 1 036 条, 滑坡 419 处, 崩塌 1 525 处, 受害路段总长 3 176 km^[2,3]。全国铁路沿线分布有大型泥石流沟 1 386 条, 危害性大中型滑坡 1 000 多处, 崩塌近 1 万多处, 全国有 9 980 km 长的铁路受到比较严重的危害。从 1949~ 1990 年, 因崩滑流灾害发生较大的行车事故 180 起, 33 个火车站被淤埋 41 次, 毁坏大型桥梁 27 座, 隧道 6 个, 平均每年中断行车 1 100 h。宝成、成昆、宝兰等铁路每年都遭受崩滑流的破坏, 平均每年修复费用 1 亿多元^[11,21]。而在 2002 年底京广线就因湖南郴州段崩滑流影响造成列车中断, 南北运输受阻。

长江目前存在严重泥沙问题, 主要是长江中上游崩滑流活动, 造成严重的水土流失。金沙江两岸崩滑流活动不仅为长江输送大量泥沙, 提高河床形成众多浅滩, 直接影响航道开发利用。重庆至宜宾的 690 km 河段, 有崩塌、滑坡 283 处; 金沙江下游攀枝花至宜宾段有崩滑流 935 处^[1~3]。长江中上游两次特大崩塌、滑坡活动给长江航道造成严重危害。如 1985 年 6 月 12 日新滩镇大型滑坡、泥石流将新滩镇摧毁, 堵塞江面 1/3, 造成停航 12 d^[8]。

2.4 破坏水利水电工程

白龙江中游因崩滑流灾害影响, 每年带走泥沙 1.2 亿 t,

目前近 5 500 万 t 泥沙被冲到下游碧口电站水库, 库容已减少 1 亿多 m³^[9]。目前我国有数百座水库和水电站遭受崩滑流灾害破坏。仅云南一省遭破坏的水库就有 50 余座, 水电站 360 余座。刘家峡水库 1968 年蓄水后, 库岸不断崩塌, 到 1984 年总崩塌量 1 250 × 10⁴ m³ 以上, 严重影响库容^[2]。长江三峡地区崩滑流特别发育, 大型灾害点有新滩滑坡、鸡扒子滑坡、黄腊石滑坡、链子崖危岩等著名灾害体; 建设中的三峡库区发育体积 5 000 m³ 以上的崩塌(危岩)、滑坡 392 处, 泥石流 271 条^[11,21], 给三峡工程建设、城镇移民和以后水库安全、有效运营造成严重危害。

2.5 崩滑流活动造成严重水土流失, 资源遭受破坏, 阻碍山区经济发展

由于崩滑流的破坏、侵蚀作用, 一方面使沟谷不断向上游溯源侵蚀。同时, 破坏沟谷两岸稳定性, 重力作用不断加剧, 坡面崩塌、落石、边坡失稳、滑坡、泥石流不断发展。从而山地不断被蚕食和肢解, 沟谷纵横。最后致使山区经济发展受到制约。

2.6 崩滑流活动使气候、水文条件恶化, 加重环境污染

由于山区崩滑流灾害活动的影响, 使河谷和山地荒废, 森林植被遭破坏, 丧失了天然绿色屏障, 失去净化大气的能力, 进而干旱和洪水增多。因地表径流迅速流失, 一方面大量地表泥沙被带至江河淤积河床形成洪灾; 另一方面大大减少对地下水的补给, 加重环境污染, 沙尘暴灾害加剧。

参考文献:

- [1] 科技部, 国家计委经委灾害综合研究组 灾害 社会 减灾 发展[M] 北京: 气象出版社, 2000
- [2] 张梁 地质灾害灾情评估理论与实践[M] 北京: 地质出版社, 1998
- [3] 中科院—水利部成都山地灾害与环境研究所 中国泥石流[M] 北京: 商务出版社, 2000
- [4] 晏同珍 滑坡学[M] 武汉: 中国地质大学出版社, 2000
- [5] 李树德 地震滑坡研究[J] 水土保持研究, 2001, 8(2): 24- 25
- [6] 李树德 地震与泥石流活动[J] 水土保持研究, 2001, 8(2): 26- 27
- [7] 李树德 泥石流灾害与环境[J] 水土保持研究, 2000, 7(3): 236- 238
- [8] 李树德 长江流域生态环境与可持续发展[J] 水土保持研究, 1999, 6(4): 15- 18
- [9] 李树德 白龙江中游滑坡探讨[J] 水文地质工程地质, 1995(1): 13- 15

(上接第 51 页)

- [7] 张培震, 邓起东, 杨晓平, 等 天山北麓的冰水冲洪积地貌与新构造运动[A] 见: 活动断裂研究编委会 活动断裂研究[M] 北京: 地震出版社, 1995 67- 77
- [8] 杨景春, 李有利 地貌学原理[M] 北京大学出版社, 2001
- [9] C R 艾伦, 等 活动构造学[M] 成都: 四川科学技术出版社, 1989
- [10] 沈玉昌, 龚国元 河流地貌学概论[M] 北京: 科学出版社, 1986
- [11] 强祖基, 王洪涛 活动构造研究[M] 北京: 地震出版社, 1992
- [12] 杨景春, 谭利华, 李有利, 等 祁连山北麓河流阶地与新构造演化[J] 第四纪研究, 1998(3): 229- 238
- [13] 袁国映, 屈喜乐, 李竟生 玛纳斯河流域地质地貌特征[A] 中国新疆玛纳斯河流域农业生态环境资源保护与合理利用研究[M] 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1995 13- 21
- [14] 莫多闻, 朱忠礼, 万林义 贺兰山东麓冲积扇发育特征[J] 北京大学学报(自然科学版), 1999, 6(35): 816- 824
- [15] 李有利, 谭利华, 段烽军, 等 甘肃酒泉盆地河流地貌与新构造运动[J] 干旱区地理, 2000, 4(23): 304- 309
- [16] 侯建军, 韩慕康 渭河盆地全新世隐伏构造活动[J] 地理学报, 1994, 3(49): 258- 266