

山前断褶带构造变形与横向河道作用关系研究

杨甫, 陈刚, 丁超, 毛小妮, 李楠, 李岩

西北大学地质学系, 西安 710069

摘要 构造变形与地表过程之间关系是近年来的研究热点, 并取得了一些进展, 特别是在较小空间尺度上的山前褶皱冲断带变形与地表过程耦合关系研究方面, 提出了横向河流的切割作用影响背斜构造变形的认识, 改变了构造变形对地表作用单向控制的传统认识。背斜变形样式受地表过程和构造变形共同影响, 背斜变形与横向河流切割之间存在双向耦合关系。山前带背斜构造变形区的地表河流是通过改变上覆物质的分布影响褶皱变形。在山前带背斜构造变形和河流作用关系时, 不仅应考虑构造变形对河流的影响, 而且要考虑河流的侵蚀下切作用以及相应时间内气候因素的影响, 这为盆山耦合动力学研究提供了新思路。

关键词 褶皱冲断带; 地表过程; 横向河流

中图分类号 P512 **文献标识码** A **doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2011.31.003

Relationship Between Fold-thrust Belt Tectonic Deformation and Transverse River

YANG Fu, CHEN Gang, DING Chao, MAO Xiaoni, LI Nan, LI Yan

Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, China

Abstract The relation between tectonic deformation and surface process is a research front in recent years. European geologists study on the relationship between tectonic deformation and surface process and make some new progress, especially a coupling relationship between fold thrust belt deformation and surface processes at the smaller length scale. It has altered the traditional concept that tectonic deformation effects on surface processes with one-way control, and the new idea that the transverse river cutting could influence anticline deformation style is put forward. Deformation is influenced by surface processes and terrain slope (tectonic deformation), and there is a two-way coupling between the transverse river cutting and anticline deformation. The research with a numerical model shows that surface processes (mainly fluvial) effect deformation folding through the distribution change of the overlying material weight. Anticline deformation styles are not strongly influenced by lateral erosion of river incision. In order to study the interplay between structure deformation and transverse river at the piedmont region, it should not only consider the influence of tectonic deformation on the river, but also take the active role of river incised erosion, as well as climate factors into account. Therefore, the results provide a new thinking for basin and mountain coupling dynamics.

Keywords fold-thrust belt; surface processes; transverse river

0 引言

构造变形与地表过程之间的相互动态作用关系是近些年的研究热点。传统的观点认为, 地表剥蚀作用是和造山带隆升相对的过程, 并认为构造隆升变形对地表剥蚀和盆地

沉积沉降是单向的控制作用。而近期研究表明, 地表剥蚀沉积作用与造山带的构造变形之间具有相互影响、彼此制约、协同发展的双向耦合关系^[1-7]。虽然地表过程对于造山带的隆升不具有决定性的控制作用, 但是地表作用过程引起大量表

收稿日期: 2011-10-11; 修回日期: 2011-10-28

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(2003CB214607); 国家留学基金委西部计划项目(留金出[2007]3045); 留学人员科技活动择优资助项目

作者简介: 杨甫, 研究方向为矿产普查与勘探, 电子信箱: yangpu666@163.com; 陈刚(通信作者), 教授, 研究方向为油气成藏与富集规律, 电子信箱: chengang@nwu.edu.cn

面物质质量重新分布足以引起重力重新分布,由此造成应力变化引起板块后续变形^[8-12]。地表过程影响造山带周围地壳隆升和空间变形,影响岩石圈深部演化,并直接影响着造山带构造特征。Beaumont 等^[8]较全面地分析了挤压造山演化过程中抬升的山体引起附加重力和剥蚀过程对物质的重新分配,以及由此造成的应力变化,并给出了构造变形和剥蚀过程的耦合数值模拟求解方法。在较小空间尺度上,也认识到地表过程影响山前褶皱冲断带形成动力机制、几何形态以及构造变形样式^[2,13,14]。但是,地表过程和山前带构造变形的关系还存在着较多争议。

近年来,以欧洲地质学家为代表的研究学者在造山动力学领域建立了较小空间尺度上山前褶皱冲断带的构造变形和地表剥蚀沉积过程的数值模型和相关函数,从理论和方法上构筑了研究地表过程和山前带构造变形双向耦合关系研究方法。在理解总结前人方法的基础上,进一步讨论山前带构造变形与地表过程的相互作用,特别是横向河流在山前带构造变形中所起的作用。这不仅有助于为山前带构造沉积动力学演化及其构造变形受控因素的研究提供新证据和新思路,而且有助于为盆山耦合关系研究增加新的内容。

1 三维动力学数值模型

在大尺度空间上(>200km),构造变形和地表沉积剥蚀过程的相互作用关系已建立了相关数值模型和函数关系^[8,15-16]。在较小尺度空间内(<200km),与侧向挤压作用有关的造山带边缘褶皱冲断带构造变形区,Simpson^[5-7,17]采用弹塑性三维动力学数值模型研究构造变形与地表过程的耦合关系,该模型能更好的理解地表过程是如何影响山前带褶皱变形。该模型下部是一套非黏性层,上覆一套弹塑性薄层(图1,据文献[6]编辑)。压缩板块的一端,上覆薄层沿着中间软弱层滑动,同时上覆薄层的变形通过褶皱的形成有所反映。在模型发展的过程中地表过程对构造变形的影响虽然不具有决定性,但地

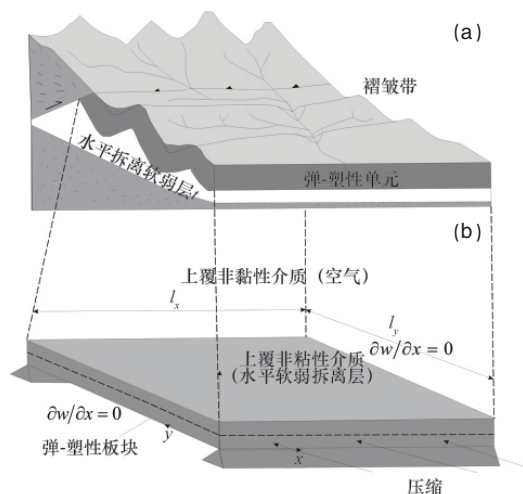


图1 山前断褶皱带构造变形地质模型(a)与数学模型(b)示意
 Fig. 1 Scheme of geological setting (a) and the corresponding mathematical model (b)

表过程所产生大量物质的重新分布足以影响上覆荷载的分布改变板块厚度引起局部重力均衡,进而影响上覆层的后续变形过程。该模型适用于与侧向挤压作用有关的山前褶皱带沉积剥蚀作用与空间较小尺度上构造变形的相互作用关系。

地表剥蚀作用和沉积作用通过改变上覆垂向荷载影响板块变形。这里考虑的地表过程演化模型是一个简单搬运限制模型,归纳为两个主要的沉积搬运过程:河道集中搬运(concentrative fluvial transport)和扩散搬运(dispersive transport)^[18]。结合三维数值模型研究得出:

$$\frac{\partial s}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[(k+cq)^n \frac{\partial s}{\partial x} \right] + \frac{\partial w}{\partial t} \quad (1)$$

其中, s 为表面地形高程, m ; w 为板块挠曲度, m ; k 为山坡侵蚀扩散系数, m^2/s ; c 为流体侵蚀系数, $(m^2 \cdot s^{-1}) / (m^2 \cdot s^{-1})^n$, n 为流体侵蚀强度指数; $\partial w / \partial t$ 为构造抬升或沉降率; q 为与降雨量相关的表面流体通量, m^2/s 。图1中, l_x, l_y 为模型设置时的初始值。由质量平衡关系(mass balance relation)确定

$$\frac{\partial q}{\partial x} = -a \quad (2)$$

其中, a 为除渗透以外的降雨率, m/s 。式(1)中的第1项代表地表剥蚀作用或沉积作用,而第2项代表由板块变形引起的地形抬升或下挠,由方程(1)写成的最重要的无量纲参数 R ,定义为变形时间尺度和流体剥蚀特征时间尺度的比率^[5-7]

$$R = \frac{ca^n L^{n-1}}{v} = \frac{T_d}{T_c} \quad (3)$$

其中, L 为特征长度,假设为 l_y, m ; v 为施加的边界位移速率, m/s ; 构造变形时间尺度 $T_d = L/v$; 流体剥蚀时间尺度 $T_c = L^{2-n}/ca^n$; n 为流体剥蚀强度指数。该模型忽略了许多因素,如滑坡等。模拟结果表明, R 值较大时意味着地表作用相对于构造变形速率较快,导致山前褶皱冲断带变形前缘遭受剥蚀作用强烈,甚至影响前陆盆地的充填演化;相反, R 值较小时意味着地表作用相对于构造变形速率较慢,致使前陆褶皱带发展为典型的雁列式褶皱^[5-7]。

地形坡度和地表过程共同影响着山前带地区褶皱变形样式^[6,19-20]。Simpson^[6]认为最初的区域初始坡度角,用 β 表示,在0—2%变化,数值模型显示(图2,据文献[5]修改),当初始坡度角 β 或 R 值相对小时,地表过程对褶皱变形没有影响,并且褶皱形成是伴随着小规模河流网络从邻近背斜搬运沉积物到毗邻的盆地;当 β 或 R 值相对大时,大规模的横向河流网络切割穿越日益增长的褶皱构造高点并强烈地影响区域构造变形,引起褶皱作用的扩大化和局部化,这将导致横向河流切割双倾伏褶皱轴部高点;在中间变形区域情况较为复杂往往形成雁列式褶皱。地形坡度的产生最终归因于构造变形作用,如果没有构造变形存在的前期条件,那么地表过程对褶皱变形的影响甚微,反之影响较大。

另外,很多学者对不同地区的地表作用与构造变形的关系进行了研究。如Pavlis等^[1]认为Pamir-Tianshan地区褶皱-冲断带构造演化受地表剥蚀作用的控制,大规模的河流作用搬运大量物质在冲断带变形前缘影响变形区的构造演化,由

于地表剥蚀作用在该区南侧形成呈雁列式分布的冲断样式。Hilley^[14]认为安第斯山前褶皱-冲断带的构造变形与地表剥蚀作用之间存在着耦合关系。

综上所述,地表过程和构造变形之间存在着双向耦合关系。虽然地表过程在影响构造变形时,不具有决定作用,但产生大量物质重分布对构造变形样式影响是不容忽视。

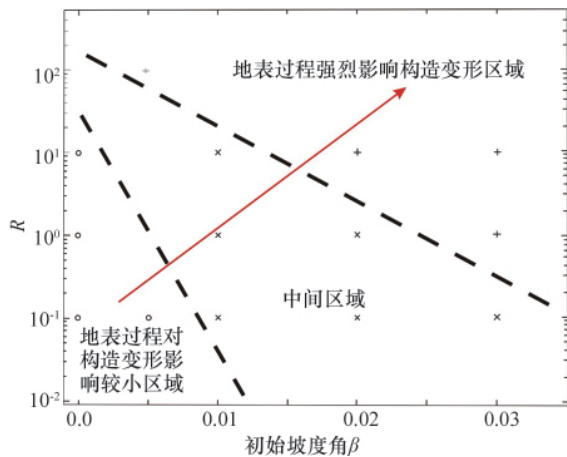


图2 初始坡度角 β 和 R 作用关系示意图

Fig. 2 Relation between initial topographic slope β and R

2 横向河流对褶皱作用的影响

2.1 横向河流的成因

近年来,河流侵蚀作用与背斜构造成因之间的关系成为研究热点。研究发现山前带河流切割背斜拱顶的现象较为普遍。Oberlander^[21]描述了在亚平宁山、扎格罗斯山、比利牛斯山、阿尔卑斯山、喜马拉雅山和安第斯山中部的横向河谷切割穿越褶皱冲断带背斜轴部构造高点的现象。Alvarez^[22]和Scarsells^[23]深入研究了亚平宁山中部山前褶皱冲断带和横向河流的成因关系,认为横向河流切割背斜构造拱顶,并影响背斜变形样式。准噶尔南缘前陆冲断带和库车前陆冲断带也观察到了河流横过背斜拱顶现象。

之所以会在山前带横向河流切割背斜拱顶,从经典的地貌学概念来看,主要有以下3种认识:(1)先成河(Antecedent River),河流存在于构造活动之前,当河流的下切速率至少等于构造隆升速率时,河流保持先成河道继续下切隆升表面^[24],在隆升过程中其流路不变而只下切,河漫滩和阶地都发生背斜状变形,这是一种重要的局部新构造运动上升的标志^[25]。(2)叠加河或后成河(Superposition River or Subsequent River),发生在褶皱变形之后,在地壳隆升过程中河流流经较新的地质表面剥蚀表面松散层,下切早已形成的背斜构造形成横向切割水系,无局部新构造运动隆升意义^[24-25]。(3)溯源侵蚀或河流袭夺(Headword Erosion or Stream Piracy),侵蚀能力强的河流,夺取了侵蚀能力弱的河流上游河段,这种水系的演变现象叫做河流袭夺。它是由于河流的溯源侵蚀切穿了分水岭,把分水岭另一坡的注入其他流域的河流抢夺过来,

变为自己的支流。这些河流形成是受气候变化、构造作用等因素控制。

这3种认识似乎很好地解释了横向河流切割背斜拱顶现象,但也存在一些争议。譬如,在同一山前带地区,有的河流横过背斜构造高点,有的河流却是沿着背斜的走向发育,有的甚者同一条河流在早期是穿越背斜构造高点后来发生河流改道。对于河流改道的原因,本文分析认为,如果穿越背斜的横向河流在沿着其流路下切侵蚀过程中下切侵蚀速率大于或等于背斜拱顶的隆升速率时,河流将沿着其流路,反之,则发生改道。

2.2 横向河流对褶皱作用的影响

在较小空间尺度上,讨论构造变形和地表过程之间耦合关系,尤其是河流的快速下切侵蚀作用造成的卸荷,往往会引起地下热软弱岩石靠近地表或剥露,加强岩石的隆升、剥蚀和剥露作用,引起高原两侧地壳均衡回弹以及影响造山带隆升等方面是至关重要^[16,26-27]。Simpson^[28]建立的数值模型研究了横向河流切割作用与山前褶皱冲断带背斜褶皱构造变形的耦合过程,得出3种不同模拟结果。

(1)侧向挤压作用和地表横向河流切割同时发生作用。冲断带在地表形成褶皱,随着侧向挤压的加强横向河流切割作用随之增强,横向河流切割卸荷引起地壳均衡回弹形成一系列短波背斜褶皱,这些背斜褶皱不是圆柱形褶皱而是双倾伏背斜褶皱,且褶皱轴部构造高点被横向河流切割,这项模拟认为区域横向河流切割作用对背斜变形有重要的影响;

(2)在缺少区域压缩背景下,背斜变形对横向河流下切作用响应较小;

(3)仅区域压缩变形影响下发生的背斜变形较有横向河流作用下滞后,形成对称圆柱状褶皱。

对比3种模拟结果得出,在山前褶皱冲断带环境下,横向河流切割作用能够使河流附近背斜褶皱变形有所加强。河流能否对局部背斜构造产生影响,主要取决于横向河流下切作用和背斜构造运动发生的时间。本文分析认为,仅当河流下切侵蚀作用发生在区域挤压造成地壳塑性变形期时,河流作用才可能影响构造变形,河流作用影响构造变形并不具有普遍性。

3 实例介绍

3.1 喜马拉雅山山前带横向河流与背斜构造关系

对于喜马拉雅造山带横向河流下切侵蚀作用和背斜构造运动关系的研究表明,喜马拉雅造山褶皱带东西构造结(Syntaxis)背斜变质地块的产生,是先成的巨大量级河流快速的聚焦基岩下切(Focused Bedrock Incision)的结果^[29]。河流下切侵蚀作用引起该区地壳岩石的热重置,导致地壳局部岩石弱化,使得软弱的地壳部分变形,促使下地壳物质运动并流入变形区造成局部岩石隆升^[14,30-31]。这表明在造山带演化过程中大河的下切侵蚀作用已经成为构造变形的主要驱动力之一,改变了河流只是被动适应构造的传统认识^[32]。

3.2 毕利牛斯山前带构造与河流搬运沉积关系

Whitchurch 等^[3]研究了毕利牛斯山南缘沉积物流系统和造山带隆升过程,毕利牛斯山位于 European 与 Iberian 两个板块之间,是一个晚白垩世以来形成的双向俯冲造山带,并在造山带南缘海西期变形基底之上发育由中生代台地相沉积和上覆第三系沉积层系组成的 3 个褶皱冲断席及其相应的山前盆地组合,伴随造山过程的沉积物流系统(Sediment Routing System)演化呈现出沉积物再分配的地表作用与构造变形之间的双向耦合关系。晚白垩世-古新世自西向东穿时的斜向碰撞造山早期的山体隆升剥露,主要发生在晚白垩世(78Ma),经历约 15Ma 延滞时间之后,沉积前渊深水复理石,发育平行于造山带走向的沉积物流系统(Orogen-parallel Sediment Routing System);始新世构造隆升变形相对平稳,汇聚速率有所增加,发育平行或垂直于造山带(Orogen-parallel & Orogen-transverse)的复合沉积物流系统;渐新世-中新世呈现陆内斜向碰撞造山作用背景下的自西向东山体隆升剥露,西段山体的强烈隆升剥露主要发生在渐新世(30Ma),在经历大约 5Ma 延滞时间之后,前渊粗碎屑磨拉石沉积作用主要受控于垂直于造山带走向的沉积物流系统(Orogen-transverse Sediment Routing System)。毕利牛斯山自东向西的斜向穿时俯冲碰撞造山,导致了山前带逆冲推覆及其前渊沉积物流系统由轴向河流向横断河流的演变。模拟结果揭示,碰撞造山中后期的快速抬升剥露和山前陆相磨拉石沉积构造演化阶段到横断河流作用阶段,沉积物流系统主要受控于垂直造山带走向的横断河流作用,更为重要的是,横断河流的地表作用与山前带沉积盖层的褶皱-冲断-滑脱变形作用呈现相互补偿的双向耦合关系,同时伴随主要横断河谷大多切割大型双倾伏背斜褶皱构造高点,而且横断河谷的切割幅度与双倾伏背斜的构造隆升幅度之间,呈现相互补偿的正相关双向耦合关系。

4 问题讨论

在构造变形区,讨论构造变形与河流作用关系时,河流下切的幅度与速率主要取决于侵蚀基准面与构造变形强度的变化,构造作用是因,河流下切是果。特别是在河流形成时间较短(一般为几十万年)、切割幅度较小(最大仅几百米)的地区,河流作用影响构造变形的程度非常小,河流的形态和分布更多地是对构造活动的响应。但是,在造山带演化过程中有大河下切产生聚焦基岩侵蚀的地区,大河的下切侵蚀作用已经成为构造变形的驱动力之一。这仍然强调的是在有构造活动的前提条件下产生的变形,河流的下切侵蚀作用起到了一定的加强作用。另外,较小空间尺度的构造变形与地表作用关系的数值模型和相关定量函数关系的建立和研究忽略了地表过程中其他因素的影响,如滑坡等。这些因素在影响地表过程的剥蚀-沉积中所起的作用也是不容忽视。

本文的论述无意夸大外动力地表过程及其横向河流下切侵蚀作用。构造内动力作用起到主要的控制作用,虽在构

造变形中只是外因,但地表过程在一定程度上影响着山前带地区构造变形样式,这也是不容忽视的。鉴于地表过程对构造变形影响的存在,地表过程和横向河流的下切侵蚀作用引起的剥蚀作用和沉积作用对构造变形的影响程度不同,地表过程和构造变形之间主次因果关系仍然存在较大的争议。

5 结论

(1) 建立前陆褶皱冲断带构造变形与地表剥蚀和沉积之间的双向耦合地质模型及函数关系,为讨论山前褶皱冲断带地区影响构造变形样式的受控因素提供新的思路,也可能为盆山动力学耦合关系研究提供了一种新的途径。

(2) 在与侧向挤压作用相关造山带的演化系统中,横向河流的下切侵蚀形成下切河谷,同时搬运大量物质到冲断带变形前缘。这不仅影响着山前褶皱冲断带的构造变形样式,还影响着前陆盆地变形前缘充填物质的类型。

(3) 山前带地区构造变形对地表剥蚀作用和沉积作用及其水系的发育不仅仅是单向控制作用,很有可能同时存在地表剥蚀沉积作用过程对山前带构造变形乃至构造样式的重要制约,二者之间很有可能是一种相互影响、彼此制约、协同发展的双向耦合关系。

参考文献 (Reference)

- [1] Pavlis T L, Hamburger M W, Pavlis G L. Erosional processes as a control on the structural evolution of an actively deforming fold and thrust belt: An example from the Pamir-Tien Shan region, central Asia [J]. *Tectonics*, 1997, 16(5): 810-822.
- [2] Horton B K. Erosional control on the geometry and kinematics of thrust belt development in the central Andes [J]. *Tectonics*, 1999, 18(6): 1292-1304.
- [3] Burbank D W, Pinter N. Landscape evolution: The interaction of tectonics and surface processes [J]. *Basin Research*, 1999, 11(1): 1-6.
- [4] Norris R J, Cooper A F. Origin of small scale segmentation and transpressional thrusting along the Alpine fault, New Zealand [J]. *Geological society of America Bulletin*, 1995, 10(7): 231-240.
- [5] Simpson G D H. Dynamic interactions between erosion, deposition, and three dimensional deformations in compressional fold belt settings [J]. *Journal Geophysical Research*, 2004, 109, F03007. doi:10.1029/2003JF000111.
- [6] Simpson G D H. A dynamic model to investigate coupling between erosion, deposition and three-dimensional (thin-plate) deformation [J]. *Journal Geophysical Research*, 2004, 109, F02006. doi: 10. 1029/2003JF000078.
- [7] Simpson G D H. Influence of erosion and deposition on deformation in fold belts [C]//Willett S D, Hovius N, Brandon M T, et al. *Tectonics, Climate and Landscape Evolution: Geological Society of America Special Paper*. \ Boulder: Geological Society of America, 2006: 267-281.
- [8] Beaumont C, Full Sack P, Hamilton J. Erosional control of active compressional orogens [C]//Mc Clay K R eds. *Thrust tectonics*. London: Chapman and Hall, 1992: 1-18.
- [9] Willett S D, Beaumont C, Fullsack P. Mechanical model for the tectonics of doubly-vergent compressional orogens [J]. *Geology*, 1993, 21(4): 371-374.

- [10] Willett S D. Orogeny and orography: The effects of erosion on the structure of mountain belts [J]. *Journal Geophysical Research*, 1999, 104(28): 957-981.
- [11] Beaumont C, Jamieson R A, Nguyen M H, et al. Himalayan tectonics explained by extrusion of a low-viscosity crustal channel coupled to focused surface denudation [J]. *Nature*, 2001, 414: 738-742.
- [12] Bonnet C, Malavieille J, Mosar J. Surface processes versus kinematics of thrust belts: impact on rates of erosion, sedimentation and exhumation—Insights from analogue models [J]. *Geological Society of America Bulletin*, 2008, 179(3): 297-314.
- [13] Hilley G E, Strecker M R, Ramos V A. Growth and erosion of fold-and-thrust belts, with an application to the Aconcagua fold-and-thrust belt, Argentina [J]. *Journal of Geophysical Research*, 2004, 10, B01410. doi:10.1029/2002JB002282.
- [14] Hilley G E, Coutand I. Links between topography, erosion, rheological heterogeneity, and deformation in contractional settings: Insights from the central Andes [J]. *Tectonophysics*, 2009, 495 (1-2): 78-92.
- [15] Castellanos C D. Interplay between lithospheric flexure and river transport in foreland basin [J]. *Basin Research*, 2002, 14: 89-104.
- [16] Koons P O, Zeitler P K, Chamberlain C P, et al. Mechanical links between erosion and metamorphism in Nanga Parbat, Pakistan Himalaya [J]. *American Journal of Science*, 2002, 302: 749-773.
- [17] Simpson G D H. How and to what extent does the emergence of orogens above sea level influence their tectonic development? [J]. *Terra Nova*, 2006, 6(18), 447-451.
- [18] Simpson G D H, Schlunegger F. Topographic evolution and morphology of surfaces evolving in response to coupled fluvial and hill slope sediment transport [J]. *Journal of Geophysical Research*, 2003, 108(B6): 2300, doi:10.1029/2002JB002162.
- [19] Sinclair H D, Coakley B J, Allen P A, et al. Simulation of foreland basin stratigraphy using a diffusion model of mountain belt uplift and erosion: An example from the central Alps, Switzerland [J]. *Tectonics*, 1991, 10(3): 599-620.
- [20] Norris R J, Cooper A F. Erosional control on the structural evolution of a transpressional thrust complex on the Alpine Fault, New Zealand [J]. *Journal of Structural Geology*, 1997, 19(10): 1323-1342.
- [21] Oberlander T M. Orogeny and orography: The effects of erosion on the structure of mountain belts [J]. *Journal Geophysical Research*, 1999, 104(28): 957-981.
- [22] Alvarez W. Drainage on evolving fold-thrust belt: A study of transverse canyons in the Apennines [J]. *Basin Research*, 1999, 11(3): 267-284.
- [23] Scarsells S, Simpson G D H, Allen P A, et al. Association between Messinian drainage network formation and major tectonic activity in the Marches Apennines (Italy) [J]. *Terra Nova*, 2007, 19(1): 74-81.
- [24] Stokes M, Mather A E. Tectonic origin and evolution of a transverse drainage: the R'ó Almanzora, Betic Cordillera, Southeast Spain [J]. *Geomorphology*, 2003, 50(1-3): 59-81.
- [25] 曹伯勋. 地貌学及第四纪地质学[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1995.
- [26] Cao boxun. Geomorphology and quaternary geology [M]. Beijing: China University of Geosciences Press, 1995.
- [27] Molnar P, England P. Late Cenozoic uplift of mountain ranges and global climate change: Chicken or egg? [J]. *Nature*, 1990, 634 (6279): 29-34.
- [28] Montgomery D R. Valley incision and the uplift of mountain peaks [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1994, 99(13): 913-921.
- [29] Simpson G D H. Role of river incision in enhancing deformation [J]. *Geology*, 2004c, 32(4): 341-344.
- [30] Montgomery D R, Stolar D B. Reconsidering Himalayan river anticlines [J]. *Geomorphology*, 2006, 82(1-2): 4-15.
- [31] Koons P O. The topographic evolution of collisional mountain belts: A numerical look at the Southern Alps, New Zealand [J]. *American Journal of Science*, 1989, 289(9): 1041-1069.
- [32] Koons P O. Big mountains big rivers and hot rocks: Beyond isostasy [J]. *Eos Trans AGU*, 1998, 79(45): F908.
- [33] 程绍平, 杨桂枝. 国外新构造研究进展述评 [J]. 地震地质, 2008, 30 (1): 31-43.
- Cheng Shaoping, Yang Guizhi. *Seismology and geology*. 2008, 30(1): 31-43.
- [34] Whitchurch A L, A. Carter, Allen P A, Sinclair H D. Sediment routing system evolution within a diachronously uplifting orogen: Insights from detrital zircon thermo chronological analyses from the south-central Pyrenees [J]. *American Journal of Science*, 2011, 311(5): 442-482.

(责任编辑 宋宁, 刘志远)

· 科学共同体介绍 ·

中国动物学会

中国动物学会于1934年6月由秉志等30人签名发起, 1934年8月23日在江西庐山莲谷青年会宣告成立, 选举秉志为会长。其后胡经甫、辛树帜、陈桢、王家楫等历任会长。

中国动物学会是中国动物科学工作者自愿结成依法在国家民政部登记的全国性、公益性、学术性组织法人社会团体, 是中国科协的组成部分, 是党和政府联系动物学科技工作者的桥梁和纽带, 是国家发展动物科学事业的重

要社会力量。

中国动物学会现有注册会员17530余人, 下属14个专业学科分会, 设立8个工作组和学会日常办事机构秘书处, 联系着30个省、自治区、直辖市地方学会。

中国动物学会1935年创办《中国动物学杂志》, 即今《动物学报》前身。嗣后陆续创办《生物学通报》、《动物学杂志》、《动物分类学报》、《兽类学报》、《蛛形学报》、《医学昆虫与寄

生虫学报》等学术刊物。学会曾成功举办第23届世界鸟类学大会、第19届国际灵长类大会、第4次亚洲和太平洋地区比较内分泌学术研讨会、第19届国际动物学大会及第12届国际原生动物学大会等。

2009年11月9日, 中国动物学会在重庆召开第16届理事会, 选举陈宜瑜任第16届理事会理事长, 魏辅文任秘书长。

(责任编辑 徐子政(实习生), 秦政)