

文章编号: 0253- 9985(2004) 02- 0121- 05

中国喜马拉雅运动的期次及其动力学背景

贾承造, 何登发, 陆洁民

(中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 黄汲清先生于 1945 年提出用喜马拉雅运动表示中国境内新生代的造山运动。这一概念为地球科学家普遍接受, 但在构造运动分期与地球动力学背景的认识上存在分歧。在对前人的基本观点进行分析的基础上, 结合地质地貌、岩浆活动、构造变形等大量资料, 提出喜马拉雅运动可以分为早、中、晚三期, 分别对应于始新世晚期、古近纪与新近纪之间、新近纪与第四纪之间的构造活动。印度与欧亚的碰撞及其持续挤压作用导致了青藏高原及其东南缘与北缘强烈挤压缩短与隆升, 东亚大陆向东挤出、深部岩石圈隆升与弧后扩张作用导致了东部及其滨太平洋带的伸展裂陷作用。

关键词: 喜马拉雅运动; 造山运动; 期次; 动力学背景; 构造特征

中图分类号: P546

文献标识码: A

Episodes and geodynamic setting of Himalayan movement in China

Jia Chengzao¹ He Dengfa Lu Jiemin

(Petroleum Exploration and Development Research Institute, PetroChina, Beijing)

Abstract: In 1945, Mr. Huang Jiqing suggested using the term Himalayan movement to describe the Cenozoic orogenic movement in China. This concept has widely been accepted by the geoscientists. However, disagreements still exist regarding the episodes and geodynamic setting of tectonic movements. Based on analysis of basic concepts suggested previously, and in combination with various data, including geology, geomorphology, magmatic activities and structural deformation, it is proposed that Himalayan movement can be divided into early, middle and late episodes, which are corresponding respectively to tectonic activities in late Eocene, between Paleogene and Neogene, and between Neogene and Quaternary. Collision of Indian and Eurasia plates and continuous compression led to strong compression, shortening and uplifting of Qinghai-Tibet Plateau including its southeastern and northern margins. Eastward compression of East Asia continent, uplifting of deep lithosphere and back-arc spreading resulted in extensional rifting in eastern China and its per-Pacific zone.

Key words: Himalayan movement; orogeny; episode; geodynamic setting; tectonic feature

新生代以来的造山运动被黄汲清^[1]称之为“喜马拉雅运动”(Himalaya orogeny)。这一造山运动因首先在喜马拉雅山区确定而得名。它在亚洲大陆广泛发育, 使中生代的特提斯海变成巨大的山脉, 更新统的湖泊、河流堆积物隆起高达 2 000 多米。这一造山作用形成了著名的阿尔卑斯-喜马拉雅造山带, 为绵延数千千米的纬向山系。这个地壳上最新的褶皱山系, 直至今天它的活动性仍很强烈。自黄汲清^[1]首次提出喜马拉雅运动以

来, 不同学者先后提出了众多的喜马拉雅运动期次划分和命名方案, 并根据研究区域建立了大量的地域性构造运动。随着研究程度的深入, 大量地区性构造运动名称因缺乏依据或区域对比意义而被废弃, 但喜马拉雅运动的概念却逐渐被普遍接受。然而迄今为止, 对喜马拉雅运动期次的划分意见, 对各个期次构造运动的表现的认识还是很不一致。2003 年 10 月由中国地质学会构造地质专业委员会、中国石油学会石油地质专业委员

基金项目: 中国石油天然气股份有限公司项目“新构造运动与油气晚期成藏理论”

第一作者简介: 贾承造, 56 岁, 中国科学院院士, 石油地质与构造地质

收稿日期: 2004- 04- 01

会和中国石油勘探开发研究院联合召开了“我国喜马拉雅运动对沉积盆地的控制作用与油气晚期成藏”的大型学术研讨会,与会学者对这一问题进行了热烈地讨论,但未能取得一致意见。下面对这一问题进行简要讨论。

1 分期

1.1 研究现状

目前对喜马拉雅运动期次划分的主要方案如表 1 所示。

表 1 中国喜马拉雅运动划分对比表

Table 1 Division and correlation of Himalayan movement in China

地质年代		代表性划分意见									
纪	世	任纪舜 (2003)	王鸿祯 (1985) Wang & Mo (1995)	万天丰 (1992; 1994)	马丽芳等 (2003)	中国地质学 扩编版 (1999)	本文推荐意见				
第四纪	全新世				新构造期						
	更新世										
新近纪	上新世	2.4 晚喜马拉雅运动	喜马	0.73 晚强化期	喜马	2.48 喜马拉雅运动 III	喜马	2.48 喜马拉雅运动 III	晚喜马拉雅期	2.48 早喜马拉雅运动	晚喜马拉雅期
	中新世	15 中喜马拉雅运动	喜马	23.3 喜马	喜马	喜马拉雅运动 II	喜马	喜马拉雅运动 II	早喜马拉雅期	25 中喜马拉雅运动 II	早喜马拉雅期
古近纪	渐新世		30 喜马		华北期	喜马拉雅运动 I	喜马	25 喜马拉雅运动 II 喜马拉雅运动 I	早喜马拉雅期	40~52 早喜马拉雅运动	早喜马拉雅期
	始新世	40~50 早喜马拉雅运动	喜马	52 早强化期							
	古新世										
白垩纪	晚白垩世	80 晚燕山运动	燕山	90 燕山运动	四川	燕山运动 III	燕山	67 燕山运动 IV	燕山期		燕山期
	早白垩世	120 中燕山运动	燕山								

首先是对喜马拉雅运动开始时间的认识。有的认为在晚白垩世,有的放在白垩纪和古近纪之交,更有的建议放在早更新世末。这主要涉及喜马拉雅期与燕山期分界的认识。过去习惯上以白垩系与古近系之间明显的不整合面作为二者的分界,而且认为我国普遍缺失古新统。近年来不断发现古新统,而且证实有些地区古新统与上白垩统常为连续沉积或仅有短暂的沉积间断,而不整合面实际上位于上白垩统内部。因此,一些学者认为喜马拉雅期的下限应该包括晚白垩世晚期在内^[2~5]。而在塔里木、准噶尔等大型沉积盆地,缺失或部分缺失上白垩统的沉积,是燕山晚期运动强烈活动的表现。

其次是对喜马拉雅期的划分。一般认为,喜马拉雅期可划分为早、晚两期,构造幕的次数主要为 3 幕,但是具体时间意见不统一。现今认为,对于喜马拉雅运动期次的划分,必须利用新生代堆积、不整合面、地貌、岩浆活动、构造活动和地震活

动等信息来综合判断,其中角度不整合是地壳运动划分的关键。主要的代表性划分意见如下(表 1)。

任纪舜^{[2]*}强调构造旋回的划分是大地构造研究的基础。由于构造年表和地质年表并不同步,不能用地质年表来代替构造年表,因此必须以构造旋回的理论为基础划分我国的大地构造历史。对我国喜马拉雅运动的时限和运动分期做了限定,认为我国喜马拉雅旋回开始于晚白垩世,约 80 Ma,期间在始新世晚期(40~50 Ma)、早中新世/中中新世(15 Ma)、上新世/更新世(2.4 Ma)分别发生了早、中、晚三幕喜马拉雅运动。2002 年出版的《中国地质图集》^[5]也持相似观点,并认为喜马拉雅运动的第三幕(N/Q 之间)即为新构造运动的第 I 幕,在早、中、晚更新世内部分别发生了新构造运动的第 II、III、IV 幕。

Wang and Mo^[4]认为喜马拉雅期开始于约 90 Ma 前,并不在白垩纪末,而是在晚白垩世中期。

* 任纪舜. 在北京召开的“我国喜马拉雅运动对沉积盆地的控制作用与油气晚期成藏”会议上的发言材料, 2003

喜马拉雅运动在中国西部与东部均可以分为早、晚两个强化期。在西部, 早期发生在中始新世后期, 晚期发生在上新世—早更新世; 在东部地区, 早期发生在中新世, 晚期与西部发生时期一致^[6]。

中国地质学扩编版^[3]将喜马拉雅构造运动序列划分为两期: 早喜马拉雅期(古近纪阶段)、晚喜马拉雅期(新近纪—第四纪阶段)。进而还可以在早期内部的始新世末、早期与晚期之间(古近纪与新近纪之间)、以及晚期内部(新近纪与第四纪之间), 划分出3个区域性的构造幕。

喜马拉雅阶段的地壳运动在青藏地区的表现形式与中国东部地区显著不同, 属于典型的造山运动性质。根据李廷栋等^[7]的研究, 可将青藏地区的喜马拉雅运动划分为3幕: 第一幕发生于始新世末期, 表现为特提斯海的关闭, 并产生构造变动与岩浆活动; 第二幕发生在中新世中后期, 表现为强烈的褶皱断裂变动、岩浆活动与变质作用, 同位素年龄峰值约在20~10 Ma; 第三幕发生在上新世—早更新世, 主要反映为青藏高原的抬升与断裂活动。

吴忱等^[8]通过对华北平原西部与北部山地的层状地貌的研究, 认为华北山地的喜马拉雅运动起始于始新世(玄武岩年龄为54~38 Ma), 至渐新世结束了第一幕; 中新世是喜马拉雅运动的较激烈期(26~6 Ma火山强烈活动), 至上新世结束了第二幕; 自第四纪进入了第三幕的第一亚幕, 即新构造运动; 自晚更新世进入了第三幕的第二亚幕, 即最新构造运动。

李廷栋和莫杰^[9]对滨太平洋构造域及东海地质演化研究后认为, 在 K_2 , E_1 , E_2 , E_3 — N_1 , N_2 — Q 地层的底部普遍发育角度不整合, 分别相当于基隆运动、雁荡运动、瓯江运动、玉泉运动与龙井运动, 而 E_2/E_3 , N_2 , N_2/Q_1 之间的构造运动代表喜马拉雅运动的I, II, III幕。

万天丰^[10, 11]的划分意见与以上方案有较大差异。新近系—下更新统顶底面普遍发育角度不整合^[10, 12], 其间构成一个构造层, 作者统计了该构造层内大量纵弯褶皱的产状, 结果显示此构造期内的应力场以近南北向水平挤压、近东西向水平拉张为特征, 认为将具有这种应力场特征的构造期称为喜马拉雅期比较妥当, 起始年代为23.3~0.73 Ma。而全国中更新世(0.73 Ma)以来的构造应力场特征为: 华北和东北地区处于北东东向水

平挤压应力与北北西向的水平拉张应力状态下; 鲁南—西安一带以近东西向的水平挤压应力为特征; 华南地区以北西向的水平挤压应力为主; 青藏高原到蒙古西部则处于近南北向到北东向的水平挤压应力作用下, 与喜马拉雅期构造应力方向特征完全不同, 因此, 不宜将整个新生代的构造演化阶段都称为喜马拉雅期, 而应称为新构造期^[11]。

1.2 基本方案

由上所述, 由于喜马拉雅运动在中国东、西部的具体活动时间及其地球动力学背景的巨大差异, 不同学者从不同的研究区域及学术思路出发必然会得出不一致的结论。

在西北地区的众多沉积盆地内, 古近系底部(库木格列姆群 E_{1-2k} 或紫泥泉子组 E_{1-2z} 底部), 中新统底部(吉迪克组 N_j 或塔西河组 N_{1t} 底部)和第四系底部(西域组 Q_{1x} 底部)的区域不整合面均可以对比, 本文认为这些不整合面分别代表了喜马拉雅的三幕构造运动。东部地区也出现类似特点。因此, 区域不整合面(虽然其代表的时间有差异)可作为构造运动分期的基础。

1.2.1 早喜马拉雅运动

对于早喜马拉雅运动时间的认识比较统一, 一般认为发生在始新世晚期40~50 Ma^[2, 5]。此时, 印度板块和欧亚大陆全面碰撞接触^[13], 我国西部普遍发生强烈的构造变形, 构造运动活跃, 造成普遍的不整合接触关系(库木格列姆群或紫泥泉子组底部), 塔西南地区的海水在巴什布拉克组(E_{2-3b})沉积期末完全退出。中国东部的渤海湾盆地、苏北盆地等的中、酸性火山活动均截止于始新世晚期(约56 Ma), 其后均为玄武质岩浆喷发^[14]。华南岩石圈伸展盆地的形成及大规模火山喷发(92~38 Ma)主要出现在中晚白垩世—第三纪, 在始新世早期(约56 Ma)火山作用源区从下地壳突然转向上地幔, 标志着华南岩石圈在这一时间出现大规模伸展减薄。菲律宾海的最早张开时间为60~51 Ma^[15]。上述事件标志着东亚和相邻海域岩石圈大规模伸展的开始, 即东亚新特提斯的开始^[16]。因此, 始新世晚期是中国东部重要构造转折时期, 为喜马拉雅运动第一幕的标志。

1.2.2 中喜马拉雅运动

中喜马拉雅运动发生在古近纪/新近纪之间, 这次地壳运动在整个喜马拉雅期中最为强烈。界线对应于中新统底部的不整合面, 该不整合在中

国西部地区普遍发育(吉迪克组或塔西河组底部)。在塔里木盆地中央,中新统和古近系呈角度不整合接触;在塔里木西南喀什地区,中新统普遍以石膏层或膏泥岩不整合于古近系不同层位之上。这次地壳运动使天山和昆仑山前发生强烈沉降,并伴有断裂活动^[17]。该运动在燕山地区以岩浆岩侵入活动拉开序幕,随着出现强烈广泛的岩浆喷发活动,同时发生强烈的变形作用,使古近系普遍发生变形、抬升,与上覆地层呈不整合接触^[18]。在中国东部的渤海湾盆地,也存在相应的区域不整合面,属于伸展裂陷过程中的不整合类型,是由古近纪末期的东营运动造成的,对应于中喜马拉雅运动。该运动呈现出众多次级断层、整体抬升并遭受剥蚀作用以及局部构造反转的特点,使渤海湾盆地的裂陷构造基本定型*。

1.2.3 晚喜马拉雅运动

晚喜马拉雅运动发生在新近纪末期,这是印度板块向欧亚板块快速楔入,青藏高原迅速隆升时期,天山和昆仑山产生强烈挤压缩短,大幅度隆升,并向塔里木盆地逆冲推覆。在南天山山前,库车坳陷的第四系角度不整合在第三系之上,不整合面之下的中生界和第三系发生强烈的褶皱和断裂活动,形成前陆褶皱冲断带^[19]。阿尔金山隆起和东昆仑山强烈地往塔里木盆地内逆冲推覆,同时伴有走滑活动^[17]。在燕山地区,岩浆侵入作用虽然不如前两幕强烈,但仍有发生,之后又是岩浆喷发活动;大量新的山体隆起,造成了上新统与下更新统之间的不整合接触关系^[18]。

对于下更新统与中更新统之间的角度不整合面,引起了越来越多的关注^[10~12, 20, 21],梁狄刚^[22]曾指出,发生于早更新世末的西域运动,遍及整个中亚,造成西域砾岩(Q_{1x})及以下中新生界全部强烈褶皱、错断、变形,与上覆 Q_{2-4} 呈大角度不整合,并认为它是最新最强的一次新构造运动,也是山前带和山间盆地许多现今有效圈闭的形成期和定型期。但由于对该不整合面的分布范围、活动性质缺乏深入研究,还无法确定 Q_1/Q_2 之间与 N_2/Q_1 之间的不整合面谁的意义更大。但毋庸置疑的是,中更新统及其以上地层与下伏构造层在沉积充填、构造变形、火山活动等方面差异截然,代表了新构造运动期的活动特点。

2 动力学背景及其表现特征

喜马拉雅期,亚洲板块、太平洋板块和印度板块之间的相互作用加剧。始新世中后期以来,中国地壳整体缓慢上升,表现为特提斯海的关闭,亚洲大陆的最后形成,青藏高原升起,褶皱断裂活动和中酸性岩浆侵入^[6]。同时,继承性发育的沉积盆地面积变小,伴随着断裂活动,又形成新的盆地。喜马拉雅运动在中国东、西部具有明显不同的性质,西部以造山运动与前陆盆地的发育为特征,许多重新活动或新生的断裂,都具有逆掩推覆或走滑的特点^[23];东部地区以伸展运动与裂陷盆地的广泛发育为特点,生长正断裂活动加强。可把中国西部新特提斯洋的封闭与青藏高原的隆升、中国东部裂谷带与盆地的发育、以及西滨太平洋带岛弧、边缘海的形成视为喜马拉雅期的3大重要事件。

东部及邻区滨太平洋带在喜马拉雅期的区域应力场状态,表现出引张作用与挤压作用在空间上相互交替、在时间上相互消长的演变关系。如大陆内侧及外侧裂谷带、边缘海盆地带的拉伸扩张,与海沟-岛弧带的强烈挤压以及不同裂陷系统之间构造带的挤压作用,两种不同方式的应力状态在空间上近乎于平行展布,相互交替。另一方面,就全区来说,喜马拉雅期发生重要造山幕的激化期与两个造山幕之间的渐进期,挤压与引张作用在时间上又大致呈现相互消长关系。上述区域应力场演变特点,似反映出中国东部滨太平洋地区喜马拉雅期在地球自转条件下,大陆与大洋相互作用,表-浅部与深部相互作用的密切关系^[3]。

2.1 早喜马拉雅期

早喜马拉雅期,我国西部的主要事件有雅鲁藏布江缝合带闭合,印度东北部向北楔入西藏-云南前陆盆地之下,以挤压为主^[4]。特提斯构造域早喜马拉雅期最重要的地质事件是始新世末发生喜马拉雅运动第一幕的构造-热事件,造成特提斯洋的关闭。印度板块与亚洲大陆碰撞后,挤压加剧^[6],引起古地理-古构造景观的根本变化^[3]。从始新世到中新世,主要为强烈的水平挤压和陆内俯冲,形成了喜马拉雅和冈底斯山脉以及锡

* 史卜庆. 渤海湾叠合盆地油气成藏与前景. 中国石油石油勘探开发研究院博士后研究报告, 2002

瓦利克和印度-雅鲁藏布江磨拉石带^[4]; 受大陆会聚和俯冲影响, 中国西部在早喜马拉雅期主要以挤压、褶皱和隆起为主, 形成山系与盆地相间排列。

中国东部与西部有较大差异, 主要出现裂谷盆地和陆缘海, 以拉张为主^[4]。地质构造格局也有明显差别, 东部以大兴安岭-太行山-武陵山一线为界, 分成东西两部分: 以西总体隆升; 东部总体以下陷为主, 早期断裂下陷。早喜马拉雅期(古近纪阶段), 在总体隆升的背景上发生裂陷作用; 统一的边缘海盆地尚未形成, 只在局部地区如南海中央海盆及其南侧, 出现基性喷溢与裂陷沉积。东侧的海槽-岛弧带则在一些地向斜中央发育古近纪的活动型建造, 如台湾岛的中央山脉地向斜等。

2.2 晚喜马拉雅期

晚喜马拉雅期, 我国西部以青藏高原隆升为主。喜马拉雅山脉及青藏高原的隆升, 是中喜马拉雅运动之后开始的。期间主要事件为青藏高原的快速差异隆升, 在高原的南部边缘和北部边缘发生陆内俯冲, 高原向北挤压和隆升形成了周缘大型走滑断裂, 天山两侧的挤压应力产生了塔里木北部、准噶尔和吐鲁番-哈密盆地前陆冲断带^[4]。

该阶段中国东部及邻区大陆裂谷带主要转入稳定扩张的热沉降拗陷阶段, 大致与深部地幔隆升减弱及重力调整时期相对应。此期是边缘海盆地带的主要发育时期, 本带新近纪沉积物与下伏岩系之间区域性不整合关系颇为广泛。中新世晚期及上新世以来, 西太平洋边缘海盆地带的鄂霍次克海盆、日本海盆及冲绳海槽等皆处于主要扩张时期。自上新世以来, 岛弧带发生台湾运动或岛弧运动, 陆洋之间的斜向俯冲作用加强, 最终在东亚环太平洋地区出现成型的海沟、岛弧及边缘海盆系统^[24]。

喜马拉雅期是中国大陆出现地形大台阶的关键时期。台阶地形的形成主要受喜马拉雅构造事件的控制, 即受印度-澳大利亚-菲律宾海板块向北俯冲、挤压的影响。东部地区许多先存的近南北向断层均转变为正断层。西部地区由于印度板块的强烈楔入, 使得青藏高原地壳发生强烈的缩短增厚, 低密度的地壳物质大量聚集, 在重力均衡作用下, 致使中国西部各台阶依次抬升。自此, 印度洋的暖湿气流对中国西部的影响逐渐减少,

使西部地区逐渐地变成干旱气候。与此同时, 由于南北向缩短所引发的东西向伸展作用, 在大陆东部出现了日本海、台湾海峡和南海等大陆边缘扩张带。黄河、长江全线贯通, 整个中国大陆地理环境基本定型^[3]。

参 考 文 献

- 1 Huang T K (黄汲清). On major tectonic forms of China I. *Geol Memoirs Ser A*, 1945, 20: 165
- 2 任纪舜, 王作勋, 陈炳蔚, 等. 从全球看中国大地构造——中国及邻区大地构造图简要说明[M]. 北京: 地质出版社, 1999. 6~9
- 3 中国地质学扩编委员会. 中国地质学(扩编版)[M]. 北京: 地质出版社, 1999. 278~295
- 4 Wang Hongzhen, Mo Xuanxue. An outline of the tectonic evolution of China[J]. *Episodes*, 1995, 18(1~2): 6~16
- 5 马丽芳. 中国地质图集[M]. 北京: 地质出版社, 2002. 348
- 6 中国地质科学院地质研究所, 武汉地质学院. 中国古地理图集[M]. 北京: 地图出版社, 1985
- 7 李廷栋, 韩同林. 青藏高原地区构造特征[A]. 见: 国际交流地质学术论文集(1): 构造地质、地质力学(为二十六届国际地质大会撰写)[C]. 北京: 地质出版社, 1980. 153~162
- 8 吴忱, 张秀清, 赵英魁. 中国华北山地的层状地貌与喜马拉雅构造运动[J]. *地理学与国土研究*, 2000, 16(3): 82~86
- 9 李廷栋, 莫杰. 中国滨太平洋构造域构造格架和东海地质演化[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2002, 22(4): 1~6
- 10 万天丰, 曹瑞萍. 中国中始新世-早更新世构造事件与应力场[J]. *现代地质*, 1992, 6(3): 275~285
- 11 万天丰. 中国第四纪的构造事件与应力场[J]. *第四纪研究*, 1994, (1): 48~55
- 12 万天丰. 中国东部中新代板内变形、构造应力场及其应用[M]. 北京: 地质出版社, 1993
- 13 王成善, 刘志飞, 李祥辉. 特提斯俯冲、大陆碰撞和高原隆升与沉积响应[A]. 见: 陈毓川主编. 中国地质学会80周年学术论文集[C]. 北京: 地质出版社, 2002. 162~172
- 14 Wang H F, Yang X C, Zhu B Q, et al. K-Ar geochronology and evolution of Cenozoic rocks in eastern China[J]. *Chinese Journal Geochem*, 1989, 8(1): 65~71
- 15 Hindle T W C, Lee C S. Origin and evolution of the West Philippine basin: a new interpretation[J]. *Tectonophysics*, 1984, 102: 85~104
- 16 朱炳泉, 常向阳, 胡跃国, 等. 56 Ma: 华南岩石圈伸展和南海张开的重要转折时间[J]. *矿物岩石地球化学通报*, 2001, 20(4): 151~152
- 17 汤良杰. 略论塔里木盆地主要构造运动[J]. *石油实验地质*, 1997, 19(2): 108~114
- 18 易明初, 李晓. 燕山地区喜马拉雅期地壳运动划分及其表现特征[J]. *现代地质*, 1995, 9(3): 325~336
- 19 贾承造. 中国塔里木盆地构造特征与油气[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997

- Cenozoic igneous activities in the eastern Indo-Asian collisional zone [J]. *Earth & Planetary Science Letters*, 2001, 188: 123~ 133
- 21 Chung S L, Lee T Y, Lo C H, et al. Intraplate extension prior to continental extrusion along the Ailao Shan-Red River shear zone[J]. *Geology*, 1997, 25: 311~ 314
 - 22 Scharer U, Zhang L S, Tapponnier P, et al. The Red River belt, China [J]. *Earth & Planetary Science Letters*, 1994, 126: 379~ 397
 - 23 Chen S F, Wilson C J L, Deng Q D, et al. Active faulting and block movement associated with large earthquakes in the Min Shan and Longmen Mountains, northeastern Tibetan Plateau[J]. *Jou of Geophy Res*, 1994, 99: 24 025~ 24 038
 - 24 邓起东, 陈社发, 赵小麟. 龙门山及其邻区的构造和地震活动及动力学[J]. *地震地质*, 1994, 16(4): 389~ 403
 - 25 Burchfiel B C, Chen Z, Liu Y, et al. Tectonics of the Longmenshan and adjacent regions, central China [J]. *International Geology Review*, 1995, 37: 661~ 735
 - 26 李勇, 侯中健, 司光影, 等. 青藏高原东缘新生代构造层序与构造事件[J]. *中国地质*, 2002, 29(1): 30~ 36
 - 27 Arne D, Worley B, Wilson C H, et al. Differential exhumation in response to episodic thrusting along the eastern margin of the Tibetan plateau[J]. *Tectonophysics*, 1997, 280: 239~ 256
 - 28 Kirby E, Reiners P W, Krol M A, et al. Late Cenozoic evolution of the eastern margin of the Tibetan Plateau: inferences from $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and (U-Th)/He thermochronology [J]. *Tectonics*, 2002, 21(1): 1~ 19
 - 29 喻学惠. 甘肃礼县-宕昌地区新生代钾质碱性超基性火山岩的特征及成因[J]. *特提斯地质*, 1994, 18: 114~ 129
 - 30 李吉均, 方小敏, 马海洲, 等. 晚新生代黄河上游地貌演化与青藏高原隆升[J]. *中国科学(D辑)*, 1996, 26(4): 316~ 322
 - 31 李吉均, 方小敏. 青藏高原隆起与环境变化研究[J]. *科学通报*, 1998, 43(15): 1 569~ 1 574
 - 32 施雅风, 李吉均, 李炳台. 青藏高原晚新生代隆升与环境变化[M]. 广州: 广东科技出版社, 1998. 1~ 463
 - 33 Burchfiel B C, Zhang Peizhen, Wang Yipeng, et al. Geology of the Haiyuan fault zone, Ningxia-Hui Autonomous Region, China, and its relation to the evolution of the northeastern margin of the Tibetan Plateau[J]. *Tectonics*, 1991, 10: 1 091~ 1 110
 - 34 Zhang P, Burchfiel B C, Molnar P, et al. Amount and style of late Cenozoic deformation in the Liupanshan area, Ningxia-Hui Autonomous Region, China[J]. *Tectonics*, 1991, 10: 1 111~ 1 129
 - 35 田勤俭, 申旭辉, 丁国瑜, 等. 海原断裂带内第三纪老龙湾拉分盆地的地质特征[J]. *地震地质*, 2000, 22(3): 329~ 336
 - 36 Zhang Y, Vergely P, Mercier J L. Active faulting in and along the Qiriling Range (China) inferred from SPOT imagery analysis and extrusion tectonics of south China[J]. *Tectonophysics*, 1995, 243: 69~ 95
 - 37 Zhang Y, Mercier J L, Vergely P. Extension in the graben systems around the Ordos (China), and its contribution to the extrusion tectonics of south China with respect to Gobi-Mongolia[J]. *Tectonophysics*, 1998, 285: 41~ 75
 - 38 Zhang Y, Vergely P, Mercier J L. Pliocene-Quaternary faulting pattern and left-slip propagation tectonics in north China[J]. *Episodes*, 1999, 22(2): 84~ 88
 - 39 Chen Z L, Burchfiel B C, Liu Y, et al. GPS measurements from eastern Tibet and their implications for India/Eurasia intracontinental deformation[J]. *Jou of Geophy Res*, 2000, 105: 16 215~ 16 227
 - 40 Shen Z K, Zhao C, Yin A, et al. Contemporary crustal deformation in east Asia constrained by global positioning system measurements[J]. *Jou of Geophy Res*, 2000, 105: 5 721~ 5 734
 - 41 朱伟林. 中国近海含油气盆地形成演化及其构造特征[A]. 见: 李德生. 中国含油气盆地构造学[C]. 北京: 石油工业出版社, 2002. 292~ 305
 - 42 张启明. 莺-琼盆地构造演化控制油气系统[A]. 见: 李德生. 中国含油气盆地构造学[C]. 北京: 石油工业出版社, 2002. 488~ 499
 - 43 张树林, 田世澄, 陈建渝. 断裂构造与成藏动力系统[J]. *石油与天然气地质*, 1997, 18(4): 261~ 266
 - 44 张树林, 田世澄, 朱水安, 等. 南堡凹陷的断裂构造与油气三次运移[J]. *石油与天然气地质*, 1996, 17(4): 262~ 267
 - 45 张功成, 朱伟林, 邵磊. 渤海海域及邻区拉分构造与油气勘探领域[J]. *石油学报*, 2001, 22(2): 14~ 18
 - 46 蔡东升, 罗毓晖, 姚长华. 渤海莱州湾走滑拉分凹陷的构造研究及其石油勘探意义[J]. *石油学报*, 2001, 22(2): 19~ 25
 - 47 王国纯. 郯庐断裂与渤海海域反转构造及花状构造[J]. *中国海上油气(地质)*, 1998, 12(5): 289~ 294
 - 48 龚再生, 王国纯. 渤海新构造运动控制晚期油气成藏[J]. *石油学报*, 2001, 22(2): 1~ 7

(上接第125页)

- 20 邓起东. 中国新构造和活动构造研究的新进展[A]. 见: 陈毓川主编. 中国地质学会80周年学术文集[C]. 北京: 地质出版社, 2002. 212~ 221
- 21 张培震, 邓起东, 张国民, 等. 中国大陆的强震活动与活动地块[J]. *中国科学(D辑)*, 2003, 33(B04): 12~ 20
- 22 梁狄刚. 塔里木盆地九年油气勘探历程与回顾[J]. *勘探家: 石油与天然气*, 1999, 4(3): 57~ 62
- 23 田在艺, 张庆春. 论改造型盆地与油气成藏——以华东北部盆地为例[J]. *石油学报*, 2001, 22(2): 110~ 116
- 24 Mitchell A H G, Hernandez F, Dela C A P. Cenozoic evolution of Philippine archipelago[J]. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 1986, 1: 3~ 22