

6957

56.08

3

活动构造与减轻地质灾害

现代地壳运动研究

国家地震局地质研究所



地震出版社

现代地壳运动研究

3



现代地壳运动研究

RESEARCH ON RECENT CRUSTAL MOVEMENT

3

活动构造与减轻地质灾害

ACTIVE TECTONICS AND MITIGATION OF
GEOLOGICAL HAZARDS

国家地震局地质研究所

INSTITUTE OF GEOLOGY STATE SEISMOLOGICAL
BUREAU

地震出版社

SEISMOLOGICAL PRESS

1987

内 容 提 要

活动构造与减轻地质灾害是当今世界地球科学研究的主要课题之一。本书汇编了国家地震局地质研究所近年来有关这方面研究的部分成果。书中19篇论文分别从断块构造、地震地质、环境地质和数学模型等方面探讨了活动构造与地质灾害之间的关系，指出了地质灾害的种类、分布规律以及减轻地质灾害的措施等，同时对活动构造的活动特征、活动时代的确定、活动标志的判别、应力的传递方式等做了研究。

本书可供从事地质、地震地质、工程地质、环境地质、地球物理等研究的科技工作者及有关大专院校的师生参考。

现代地壳运动研究

3

活动构造与减轻地质灾害

国家地震局地质研究所

责任编辑：蒋浩旋

•

地震出版社出版

北京复兴路63号

北京昌平展望印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

•

787×1092 1/16 11.75印张 4插页 297千字

1987年7月第一版 1987年7月第一次印刷

印数 0001—3500

统一书号：13180·407 定价：3.00元

目 录

中国的活动块体运动与构造变形·····	马杏垣等(1)
海原断裂带和1920年海原地震断层的基本特征及其形成机制·····	邓起东等(9)
柴达木盆地中东部地区北北东向构造基本特征及第四纪的活动性·····	王子潮等(26)
山西忻定盆地的活动断裂与地震活动性——晋北剪切带尾端	
张性区构造特征的研究·····	徐锡伟等(37)
辽东半岛新构造运动基本特点及其与地震活动关系·····	汪良谋等(51)
贺兰山东麓断层崖的形态与年代测定方法·····	黄 昭(63)
1739年平罗8级地震苏峪口断层陡坎的垂直位移量·····	宋方敏等(83)
宁夏红果子沟长城的断错与地震活动·····	王挺梅(90)
鲜水河断裂带晚第四纪表层错动事件的平均间隔·····	赵 翔(96)
根据活断层长度、盆地面积估计最大震级——以华北为例·····	张裕明等(103)
大陆岩石圈内的应力传递与板内地震·····	高祥林(110)
监测现代地壳应力动态的一种途径·····	车用太(118)
应用 MISES 模型研究唐山地震前后北京地区断层应力场·····	孙君秀等(127)
假活动断层现象判定·····	丁梦林(136)
我国 $M \geq 6.0$ 地震震级和破裂尺度关系·····	戴丽思等(142)
青藏-蒙古高原东缘现代地壳构造活动带的主要环境地质问题·····	高名修(146)
中国第四纪火山的时空分布·····	孙建中(157)
我国黄土地区地震崩滑灾害的研究·····	朱海之(165)
城市抗震规划中的若干地质问题·····	高振寰(176)

Contents

- Movements of active blocks and tectonic deformation in China
.....Ma Xingyuan et al. (1)
- Main features of Haiyuan fault zone and 1920 Haiyuan earthquake
faults and their formation mechanism
.....Deng Qidong et al. (9)
- The main characteristics of NNE-trending structures in the east-
center Qaidam Basin and their activity since Quaternary
.....Wang Zichao et al. (26)
- The active faults and seismicity in the Xinding Basin, Shanxi Provin-
ce—the structural features of the northern end of Shanxi Shear
Zone.....Xu Xiwei et al. (37)
- Main characteristics of neotectonic movement and their relation to
seismic activity in Liaodong Peninsula.....Wang Liangmou et al. (51)
- The morphology and dating method of fault scarps on the eastern
front of Helan Mountain..... Huang Zhao (63)
- The vertical displacement of Suyukou fault scarp caused by 1739
Pingluo earthquake ($M=8$)Song Fangmin et al. (83)
- Offset of the Great Wall and seismic activity in the Hongguozigou,
Ningxia Region..... Wang Tingmei (90)
- The average intervals of displacement events along the Xianshuihe
fault zone during the late Quaternary.....Zhao Xiang (96)
- Maximum magnitude estimated from fault length and area of the
basin—for example North China..... Zhang Yuming et al. (103)
- Stress transmission in the continental lithosphere and intraplate
earthquakes..... Gao Xianglin (110)
- An approach to monitoring the recent state of stress in the crust
..... Che Yongtai (118)
- Study on stress field on faults before and after Tangshan earthquake
in Beijing Area by using MISES model.....Sun Junxiu et al. (127)

Identification of pseudo-active faults.....	Ding Menglin (136)
The correlation of fracture dimensions and magnitude of $M \geq 6.0$ earthquakes in China.....	Dai Lisi et al. (142)
The main problems of environmental geology in the recent tectonic zone on the eastern border of Xizang-Qinghai-Monggo plateau	Gao Mingxiu (146)
The distribution of Quaternary volcanoes in time-space in China	Sun Jianzhong (157)
Seismic avalanch and landslide hazards on the loess plateau in China	Zhu Haizhi (195)
Some geological problems in anti-seismic planning of city	Gao Zhenhuan (176)

中国的活动块体运动与构造变形

马杏垣 宿 俭 吴大宁

一、引 言

板块构造学说在合理地阐明地球表层物质的运动学方面已取得明显的成功，它容纳了各种与地球动力学有关的假说。然而，随着现代科学技术的发展，这种简单化的模型日益受到其内部不断揭露出来的复杂本质的严峻考验，不可避免地遇到一系列新的挑战，并把一些具有战略意义的问题推到当代地球科学研究的前沿，例如，对大陆及其边缘岩石圈的组成、演化和动力学以及地球深部的研究。

我国的疆土以大陆为主体，有得天独厚的地质构造条件，我们理应在探索这些地球科学的前沿课题方面做出应有的贡献。鉴于此，国家地震局于1982年下达了编制《中国岩石圈动力学图集》的科研任务，而1:400万《中国及邻近海域岩石圈动力学图》就是《图集》的一个组成部分。该挂图通过11种对阐明我国岩石圈内的力及动力学过程有重要意义的要素，对现今活动着、或在新生代曾经活动过的地质和地球物理过程加以概括，并试图从深部过程上加以解释。它为进一步把这些活动过程外推到地质过去或未来，提供了一个区域性格架，并以此为寻找资源、保护环境和减轻灾害服务。

本文所反映的只是这项研究的一个侧面，它的思路是板内应力场主要受控于岩石圈非均匀性，以及板块、亚板块和构造块体的相对运动和边界状况，从而造成不同类型的构造变形。

二、新生代以来的重大构造事件

我国地处欧亚板块东南部，以大陆为主体，为印度板块及太平洋板块、菲律宾海板块所夹持。新生代以来我国西南与东侧发生的重大构造事件，引起影响深远的地球动力学过程。始新世时期，印度板块与欧亚板块碰撞。始新世以后，青藏高原结束了洋壳演化的历史，开始了一个大陆岩石圈内俯冲、地壳缩短、加厚和高原不断隆升的新阶段。特别是更新世以来，高原大幅度快速隆升，高原周边堆积了巨厚的磨拉石沉积。

台湾也经历过中新世中期的地壳运动，但上新世末至更新世（4—2百万年前）的菲律宾海板块与欧亚板块在台湾东侧的碰撞影响更为深远。一般情况下，洋壳俯冲于大陆边缘之下，在上盘造成的岛弧地形是相对低缓的，只有孤立的火山锥形成高山。而台湾主要是冒地槽沉积遭受强烈挤压，形成高山，现今上升的速率是世界上最快者之一。台湾东北附近向北的俯冲是更新世（1.6百万年前）开始的，台湾向西凸的弯曲也大致是从此时开始的^[18]。

至于太平洋板块相对于热点向西的运动，也是从中始新世（43百万年前）开始的。菲律宾海板块在10—5百万年以前相对于欧亚在三联点处从向西北改为向西运动^[17]。由此可见，我国西南和东部两侧的构造事件都表明上新世末至更新世初开始的喜马拉雅第三幕（约

340 万年前) 深刻地影响着我国的新构造面貌。现代地壳运动一直承袭着上新世末以来的格局。一般所谓的“新构造时期”就是指自此开始至今的构造发展阶段。

在这个时期里, 中国大陆在欧亚板块与印度板块、太平洋板块与菲律宾海板块不同性质的板块碰撞和俯冲机制作用下, 北边有西伯利亚块体的阻抗, 又通过大陆内部各亚板块与构造块体相互之间的相互作用, 塑造了独特的、相互联系和有规律的新构造变形特征。

三、活动亚板块与构造块体的划分

图 1 表示了我国及邻区的板块、亚板块与块体的划分, 其中板块的划分, 如欧亚 (D)、菲律宾海 (A)、印度 (C) 和缅甸 (B) 板块及其运动矢量都是按《环太平洋区板块构造图》^[12] 标绘的。我国作为欧亚板块的一部分, 其内部如何进一步划分, 过去, 不同作者根据不同的观点有不同的划法, 如索南夏因和萨沃斯廷在我国内部及邻区就划分了板块和小板块^[19]。我国的地球科学工作者, 特别是地震地质工作者, 从地震构造的角度出发, 则主要在我国内部划分了断块。这可以 1979 年国家地震局地质研究所邓起东等编的《中华人民共和国地震构造图》及其简要说明为代表^[3]。而本图则从活动构造和岩石圈动力学的角度, 按板块构造的原则划分了活动亚板块和构造块体。下面就其涵义与划分等问题作一简要说明。

1. 活动亚板块与构造块体的涵义及划分的依据

活动亚板块和构造块体是指新构造时期至现今仍在活动着的构造单元, 不单纯是由断裂围限的断块, 也不单纯是小板块。这里采用的亚板块 (*subplate*) 一词, 具有双重的涵义: 一方面它对其所处的板块来说是次一级的; 另一方面还有近似的涵义, 并非大板块的单纯划分, 因为它未必具有大板块的那些属性和条件。亚板块的变形不仅限于边缘, 其内部也经历构造过程, 所以还可以进一步划分出构造块体 (*tectonic block*), 或简称块体 (*block*)。总之, 它们都是具有构造统一性的构造实体, 所以有人曾建议使用构造域 (*domain*) 一词, 以示它们彼此之间的不同。根据上述, 划分亚板块的主要依据如下:

(1) 能够反映深部过程的活动构造。断裂作用是大陆岩石圈变形的的主要形式之一, 特别是深断裂更具有划分意义。裂谷或地堑盆地, 是岩石圈变形和深部活动的敏感指示计, 所以我国的亚板块之间往往以深的活动断裂带及活动地堑或裂谷带作为边界。

(2) 地震活动带, 特别是强震带是划分的主要依据。

(3) 地球物理场的变异带, 如地壳、岩石圈厚度的突变带, 航磁异常带, 重力梯度带等, 都反映沿此带有深部构造上的变异, 也可作为划分依据。

(4) 亚板块内构造活动具统一性。

至于构造块体的划分也可根据类似的原则, 但它们对其所处的亚板块具有从属性。

2. 中国及邻区亚板块与块体的划分

按上述划分依据, 可将我国及邻区划分为 8 个活动亚板块和它们内部的 18 个活动块体 (图 1)。它们是:

I. 黑龙江亚板块

I₁. 长白块体,

I₂. 松辽-兴安块体;

II. 华北亚板块

- II₁. 胶东-苏北-南黄海块体,
- II₂. 河淮块体,
- II₃. 鄂尔多斯块体;
- III. 南华亚板块
 - III₁. 华南-东海块体,
 - III₂. 台湾块体;
- IV. 南海亚板块
- V. 蒙古亚板块
- VI. 新疆亚板块
 - VI₁. 准噶尔块体,
 - VI₂. 天山块体,
 - VI₃. 塔里木块体,
 - VI₄. 阿拉善块体,
 - F. 费尔干纳块体.
- VII. 青藏亚板块
 - VII₁. 甘青块体,
 - VII₂. 西藏块体,
 - VII₃. 川滇块体,
 - VII₄. 喜马拉雅块体,
 - P. 帕米尔块体,
 - T. 塔吉克块体;
- VIII. 东南亚亚板块

四、活动亚板块、块体相对运动与现代构造应力场

限于篇幅,本文无法给出我国及邻区亚板块、块体相对运动速率的数据和计算方法,有关这方面的内容可参见明斯特和乔丹^[15],以及丁国瑜、卢演铸^[1]等人的文献。这里仅作一概略描述(图1)。

在我国的西南侧以印度板块与欧亚板块之间的向南弯曲的弧形断裂为边界,其西端在帕米尔以北稍偏西的方向以每年43毫米的速率深深插入欧亚,东端则向北稍偏东以每年60毫米的速率凸入,中间主体部分向北以每年50毫米的速率,并以北纬23°、东经33.9°为极点, 6.5×10^{-7} 度/年的角速度^[14]向欧亚板块推进。其前方的亚板块和构造块体总体呈扇形散开,以塔里木和准噶尔块体为中线向北运动,西侧的帕米尔、塔吉克和费尔干纳块体向北偏西运动,而东侧的青藏亚板块中各块体乃至蒙古亚板块向北偏东,甚至向东至南东运动,并且具有较高的速率。这是由于印度板块北缘的运动速率的不均一和不对称性,再加上西北角上的帕米尔块体在运动前进方向上受阻,迫使其它构造块体向偏东滑离所致。从图1可以看出,各构造块体相对欧亚板块的运动速率是向北—北东递减的。其中,最北边的准噶尔块体中部向北运动的速率为每年3毫米,与明斯特和乔丹^[15]计算得出的准噶尔西部绝对运动速率每年4毫米大致相当。

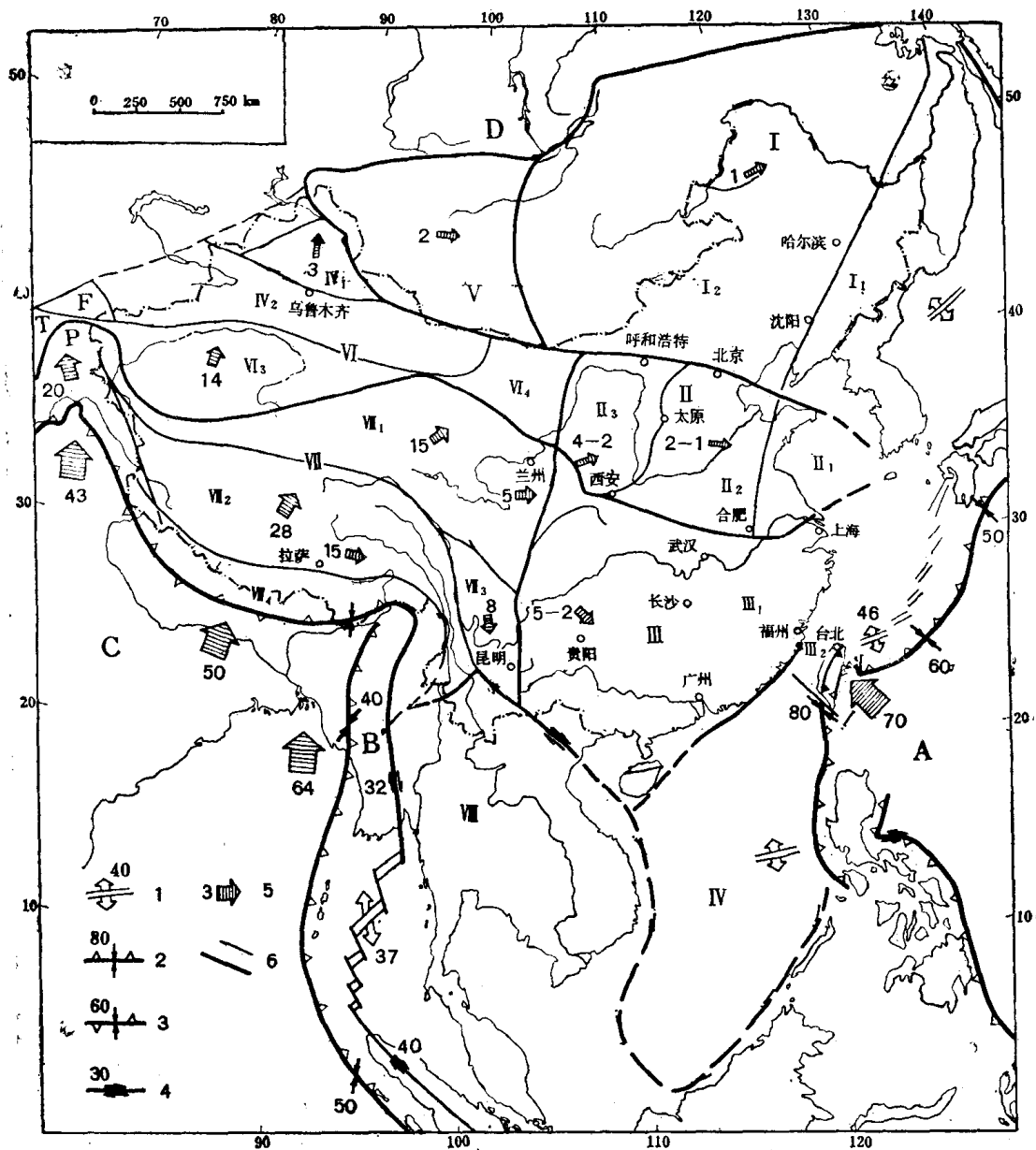


图1 中国及邻区活动板块、亚板块与块体划分

1—4. 活动板块相对运动矢量及速率(毫米/年); 1. 分离边界、扩张脊,
2. 俯冲边界, 3. 碰撞边界, 4. 走滑转换边界; 5. 亚板块、块体相对欧亚板块
(西伯利亚)的运动矢量及速率(毫米/年); 6. 亚板块、块体边界

青藏亚板块和新疆亚板块内各块体之间边界的力学性质和运动速率是与这一总的运动格架相协调的。喜马拉雅块体的边界断裂带相对平均滑动速率最大, 约每年30毫米左右。帕米尔块体与西藏块体及费尔干纳块体之间的边界断裂带的平均滑动速率可达每年20毫米左右。塔里木块体、甘青块体和川滇菱形块体的边界断裂平均滑动速率在每年10至5毫米之间。

当靠近南北带时, 各块体的运动方向和速率有很多变化, 再加上南北带各段边界的方向与条件不同, 致使它们的力学性质也有很大改变。首先青藏亚板块在其东北角沿六盘山断裂带向华北亚板块运动, 使之受到北东向的推力, 并整体具有顺时针转动的趋势, 若再结合黑

龙江亚板块的顺时针旋转^[19]，太平洋方面南黄海、东海的伸展条件，就造成了华北亚板块北界的左旋引张，其边界断裂的平均滑动速率在每年0.5至2毫米之间，同时还造成了银川-吉兰泰带和汾渭带边界右旋引张，其边界断裂的平均滑动速率约每年3毫米左右。此外，由于松辽-兴安块体和河淮块体的北东东向运动，使它们的东界断裂带依兰-伊通-下辽河及郟庐断裂带，现今具有右旋挤压性质，平均滑动速率为每年1毫米左右。

青藏块体在遭受强烈的北北东方向的推挤中，由于岩石圈物质的流展，派生出向东的运动。显著的有西藏块体内的这种运动，造成了一系列的近南北向地堑系。更东，绕喜马拉雅东端急转向南南东，造成旋转的川滇菱形块体以每年约8毫米的速率向南南东运动，其边界具有压剪性质。其中：北东边界甘孜-邓柯、鲜水河、安宁河、小江等断裂为左旋走滑，平均滑动速率在每年8至3毫米之间；而西南边界红河断裂等以右旋为主，但大理、剑川一带由于北东向左旋斜列断裂的切错造成伸展构造区，这一侧边界断裂的平均滑动速率为每年5毫米左右。甘青块体东侧也以每年5毫米的速度向北东东或近东西方向运动。

在甘南、川西一带，甘青块体与华南块体碰撞，产生壮观的龙门山陆内俯冲作用，图1把该块体边界画在平武-茂汶一带。但由于甘青块体的向东推覆，受到华南块体中四川克拉通的阻挡与俯冲，使龙门山推覆的前缘距其根部的水平距离达50至160公里左右，沿龙门山边界断裂的平均滑动速率为每年2毫米左右。华南-东海块体总体向南东-南东东运动的速率为每年5至2毫米，显然比它北边的华北亚板块西部向北东的每年4至2毫米的速度要大些，从而造成沿渭河及华山山前断裂带的左旋张剪性滑动。但在华南-东海块体内部，断裂带的相对滑动速率迅速降低，甚至达每年百分之几毫米。

华南-东海块体的东界冲绳海槽是一个伸展边界，特别是其南段现今仍以每百年46毫米的速率在扩张。这无疑要给东海块体的东部以侧压，所以有逆断层出现。列图泽认为，冲绳海槽南段的扩张与北吕宋弧和中国大陆边缘在台湾的碰撞这两种构造事件的运动学演化是同时的，都发生于4至2百万年以来，而且是有密切联系的^[13]。也就是说，由于这一碰撞和北吕宋弧的楔状向西凸入，引起南琉球弧顺时针旋转了45—50°和南琉球火山弧沿软弱带引张开裂，形成南冲绳扩张海槽。

台湾块体东界这一碰撞-转换边界是以向西逆冲为主的，兼具左旋走滑性质，平均滑动速率为每年17—28毫米左右。虽然在这里菲律宾海板块相对欧亚板块的速率每年达70毫米左右，但由于华南块体在台湾碰撞的菲律宾海板块是向北西方向运动的，凸入体的宽度较窄，造成的褶皱逆掩带仅宽80—100公里左右，可见碰撞力传递不远就逐渐被吸收了。但台湾中央山脉高近4千米，是西太平洋岛弧山系中最高的，其现今上升速率仍是世界上最高者之一。台湾的大部分在过去的8500年中大约每年以5毫米的速率上升，这显然是受菲律宾海板块碰撞推挤的效应。

这一碰撞作用在面对台湾岛的东南沿海，特别是福建，也有反应，如集中分布具张性的北西向断裂，沿海第四纪盆地的形成与发展，海岸带频繁升降，及沿滨海断裂地震活动强烈等。

台湾西部逆掩带的前缘，具有陆内俯冲带性质，往南与马尼拉海沟遥遥相联。这里断裂带的平均滑动速率为每年5至12毫米。台湾块体南界为一从该岛以南至沿澎湖列岛西南侧通过的北西向断裂，它与南海亚板块则以闽、粤滨海断裂带为界。在这里，北东向断裂具右旋正断性质，北西向断裂为左旋正断性质，平均滑动速率为每年1.2—2.2毫米左右，往西速率

有所降低。尽管整个南亚板块对于欧亚板块的运动速率未能计算，但明斯特和乔丹在南海东北部仍给出了一个向北北东每年运动3毫米的数值^[16]。

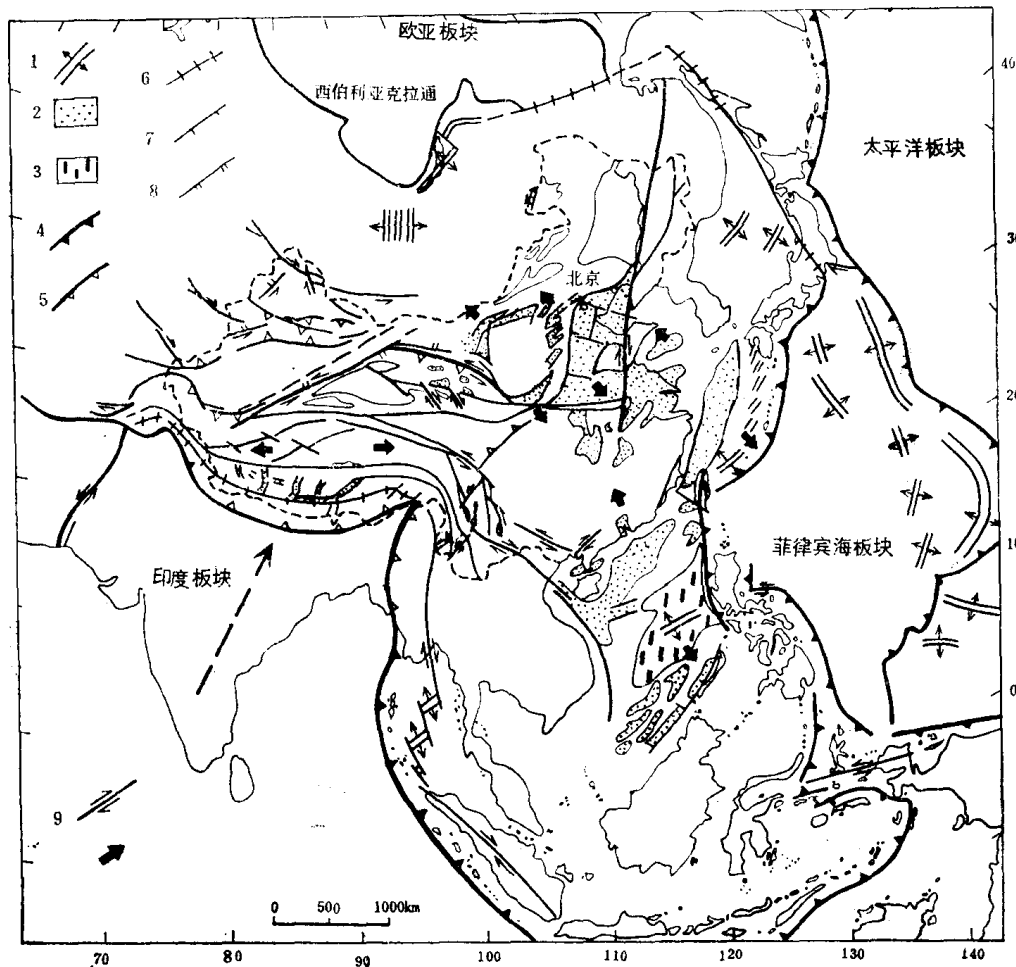


图2 中国及邻近地区新生代构造略图

1. 扩张脊、裂谷； 2. 伸展构造区； 3. 南海洋壳； 4. B式俯冲带； 5. A式俯冲带，逆冲、推覆构造；
6. 碰撞带； 7. 正断层； 8. 逆断层； 9. 走滑断层； 10. 引张方向

据上述，即可得出我国现代构造应力场的基本格局。中国西部以近南北向的水平挤压为主，以与之正交的张应力为辅（图2）。从青藏至新疆近南北至北北东向的最大主应力迹线向中国东部偏转散开。在我国东部及其邻区，从始新世至早中新世，日本海、四国-帕雷塞贝拉盆地和南海由弧后扩张形成。由于太平洋板块的俯冲速度较慢，不仅引起弧后扩张，而且在大陆一侧产生了北西或北北西向的强烈引张。接近现代，由于太平洋板块俯冲运动速率加快，使弧后一侧的引张应力场逐渐被北东东向挤压所代替。但华北的北西向引张仍在继续，这可能与冲绳海槽的引张边界条件有关，同时也有印度板块与欧亚板块碰撞后继续推进所产生的效应。

中国东、西两半的张应力迹线在南北带是一个转折部位，其中在喜马拉雅山的东端从北北东转成南东东—南东向。往北，震源机制解的轴向变化较复杂，从六盘山到红河断裂带，*P*轴走向由北东经东西渐变为北西向。安宁河—小江断裂以西、红河断裂以东，*P*轴为北北西

向,更东渐变为北西西向,突出地显示了东、西两区动力作用的联合、交替与消长,反映了印度与太平洋两侧板块动力条件的相互干扰。

五、现代构造变形特点

现代构造变形是活动板块、亚板块和块体相对运动及现代构造应力场的产物。它们不是杂乱无章的堆积,而是由统一的有规律的构造运动过程造成的合乎规律的整体,需要用构造系统或构造组合的整体观和解析构造学的方法加以研究〔4, 5〕。已有许多作者对我国现代构造变形作了阐述〔2, 10, 11〕,这里不再重复,仅指出若干突出特点。

首先是我国现代构造变形的分区性十分明显。如我国东部,特别是华北及海域,在引张作用下产生伸展构造组合,突出的代表是裂陷而成的裂谷与地堑系等〔7, 16〕。与之相对应的是我国西部受逆冲断裂控制的压陷盆地,它们都接受了巨厚的沉积,是岩石圈构造变形的敏感指示计,蕴含着丰富的地球动力学信息。

断裂作用,包括它们的性质、规律、组合及滑动速率等,也具有明显的分区性。如青藏亚板块内的活动断裂构造样式总体表现为逆冲、推覆和走滑断层的相互联系和制约,前者呈近东西向,后者为北东和北西向,同时发育近南北向的正断层或走滑断层,造成地堑系。华北亚板块总的断裂构造样式是以走滑正断层切割成的旋转块体为特征的。

关于断裂下延的样式与切割深度问题,我国有些学者按断裂的下切深度把它们分成岩石圈断裂、地壳断裂、基底断裂和盖层断裂等〔8〕,这是建立在断裂垂直下切的模式上的。但近年来,地质和地球物理观测,特别是地震反射剖面工作的成果证实,岩石圈内广泛发育着缓倾角构造和多层次拆离滑脱构造〔6〕。因为岩石圈本身是一个层状系统,一般地说,其温度、压力、组分和强度等主要随深度变化。在这样一种成层系统中,变形和构造大多数也是成层状的。因此,在板内体制中,推覆与滑脱样式的缓倾角断裂占有重要地位〔9〕,要特别注意这些断裂与地震活动及成矿作用的关系。

在我国这样的实例很多,时振梁和阚荣举就曾以“滑离构造和地震”为题论述了祁连山北缘断裂和龙门山断裂与地震的关系¹⁾。这实际上是青藏高原及周边山系的普遍结构样式,与陆内汇聚的挤压构造环境有关。另一种样式发育于我国东部的伸展构造环境,如华北地堑系下部由岩石圈内简单剪切破裂所造成的缓倾角滑脱正断层〔16〕。

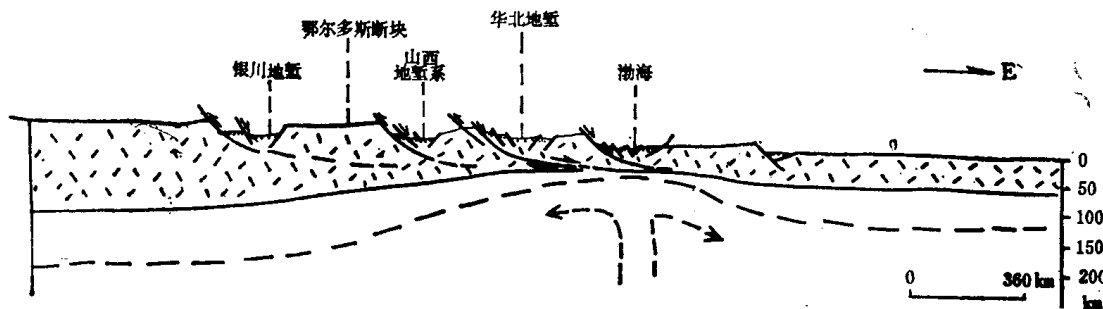


图3 华北地堑系形成的大型简单剪切的模式
花纹部分为地壳

1) 时振梁等, 1985, 滑离构造和地震。

最后要指出的是，由于我国特定的岩石圈动力学条件，产生了5条与强震活动有密切关系的岩石圈破裂带和一个破裂区，即由帕米尔至阿尔泰的中亚带、云南至宁夏的南北带、喜马拉雅带、东南沿海带、台湾带和华北破裂区，其中中亚带和南北带是由喜马拉雅带两端的扭结外延的两条巨大的劈裂带。

参 考 文 献

- [1] 丁国瑜等, 1986, 对我国现代板内运动状态的初步探讨, 科学通报, 18期。
- [2] 环文林等, 1979, 中国及邻区现代构造形变特征, 地震学报, 2期。
- [3] 国家地震局地质研究所, 1979, 中华人民共和国地震构造图 (1:4000000), 地图出版社。
- [4] 马杏垣, 1983, 解析构造雏议, 地球科学, 3期。
- [5] 马杏垣等, 1981, 嵩山构造变形——重力构造、解析构造, 地质出版社。
- [6] 马杏垣等, 1984, 论滑覆及岩石圈内多层次滑脱构造, 地质学报, 3期。
- [7] 马杏垣等, 1985, 中国地质历史过程中的裂陷作用, 现代地壳运动研究, 1, 地震出版社。
- [8] 张文佑, 1984, 断块构造导论, 石油工业出版社。
- [9] 许志琴, 1986, 陆内俯冲及滑脱构造, 地质论评, 1期。
- [10] 汪一鹏, 1979, 我国板内地震和中新生代应力场, 地震地质, 4期。
- [11] 邓起东、张裕明、许桂林、范福田, 1979, 中国构造应力场特征及其与板块运动的关系, 地震地质, 1期。
- [12] Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources, 1982, Plate-Tectonic Map of the Circum-Pacific Region, Pacific Basin Sheet, Scale 1:17000000.
- [13] J. Letouzey and M. Kimura, 1985, Okinawa Trough genesis, structure and evolution of a back-arc basin developed in a continent, Marine and Petroleum Geology, Vol. 2, pp. 111-130.
- [14] Y. Minster, T. Jordan, P. Molnar and E. Hainese, 1974, Numerical modelling of instantaneous plate tectonics, Geophys. J. R. Astron. Soc., Vol. 36, No. 3.
- [15] J.B. Minster and T.H. Jordan, 1978, Present-day plate motions, Jour. Geophys. Res., Vol. 83, pp. 5331-5345.
- [16] Ma Xingyuan and Wu Daning, 1986, Cenozoic extensional tectonics in China, Tectonophysics, in the press.
- [17] T. Seno, and S. Maruyama, 1984, Paleogeographic reconstruction and origin of the Philippine Sea, Tectonophysics, Vol. 102, No. 1.
- [18] T. Francis Wu, 1979, Recent tectonics of Taiwan, In: S. Uyeda et al. (eds), Geodynamics of the Western Pacific, Proceedings of the International Conference on Geodynamics of the Western Pacific-Indonesian Region, March 1978, Tokyo, Japan Scientific Societies Press, Center for Academic Publications, Japan.
- [19] L.P. Zonenshain and L.A. Savostin, 1977, Geodynamics of the Baikal rift zone and plate tectonics of Asia, Tectonophysics, Vol. 76, No. 1.

海原断裂带和1920年海原地震断层的基本特征及其形成机制

邓起东 张维歧 汪一鹏 张培震 陈社发 B. C. 伯奇菲尔
P. 莫尔纳 L. 雷登 宋方敏 焦德成 朱世龙¹⁾

1920年12月16日的海原地震是一次毁灭性地震，震级达8¹/₂级，震中烈度为Ⅷ度。地震发生后，许多地质学家和地震学家在震区进行了考查，其中特别重要的是震后第二年翁文灏等人及1958年郭增建等人的两次调查。六七十年代以来，阚荣举、李玉龙和康哲民等人先后做了许多工作，不断有所发现。1980年，国家地震局兰州地震研究所和宁夏回族自治区地震队共同编著了《1920年海原大地震》一书，对这一毁灭性大地震的有关问题首次进行了全面的研究和总结〔1〕。自1981年以来，我们对这一大震区的地震地质条件及断裂带活动特征重新进行了调查，并沿断裂带先后进行了1:2.5万和1:5万的大比例尺地质填图、震中区1:5000水系变位测量、典型地段更大比例尺平板仪测量及地震重复性研究。其中，1983年至1985年宁夏部分的工作是中美合作计划的内容。目前，整个工作虽尚未结束，但已完成了断裂带和震区大部分研究工作。本文仅对断裂活动的基本特征及其形成机制作一简略的分析。

一、区域构造背景

海原断裂带位于青藏高原东北部，是青藏高原东北边缘复杂构造带中一条主要活动断裂带。青藏高原东北部的东侧大致可以分为三条主要活动断裂带，由北向南为牛首山断裂带、天景山断裂带和海原断裂带，其中以海原断裂带规模最大，结构最为复杂。它们在第四纪均有强烈活动，控制了区内新构造演化、地貌分布及地震活动。此带以北即为阿拉善断块，东北则为鄂尔多斯断块。因此，可以认为，青藏高原东北边缘构造带是青藏、鄂尔多斯和阿拉善三个镶嵌块体之间的一条活动构造带（图1）。

海原断裂带具有复杂的演化历史，早期的活动可能开始于早古生代。直至新生代，沿海原断裂带及其两侧地区，才形成一系列总体走向为北西西的逆断层组成的逆断层系。该逆断层系带宽可达20—40公里，带内逆断层之间大致平行，略向西收敛，向东撒开，一般长达100—300公里，并控制了区内沿断层发育的第三纪断层前缘压陷型盆地〔2〕。它们切割的最近地层为上新统和下更新统（图2）。后期的海原走滑型断裂及地震断层就发育在这一平行逆断层系中，并在不同地段借助了不同逆断层的某些段落，因而呈现为复杂的构造图象。

1) 张维歧、焦德成为宁夏回族自治区地震局的同志，B.C.伯奇菲尔、P.莫尔纳、L.雷登为美国麻省理工学院地球、大气和行星科学系学者。

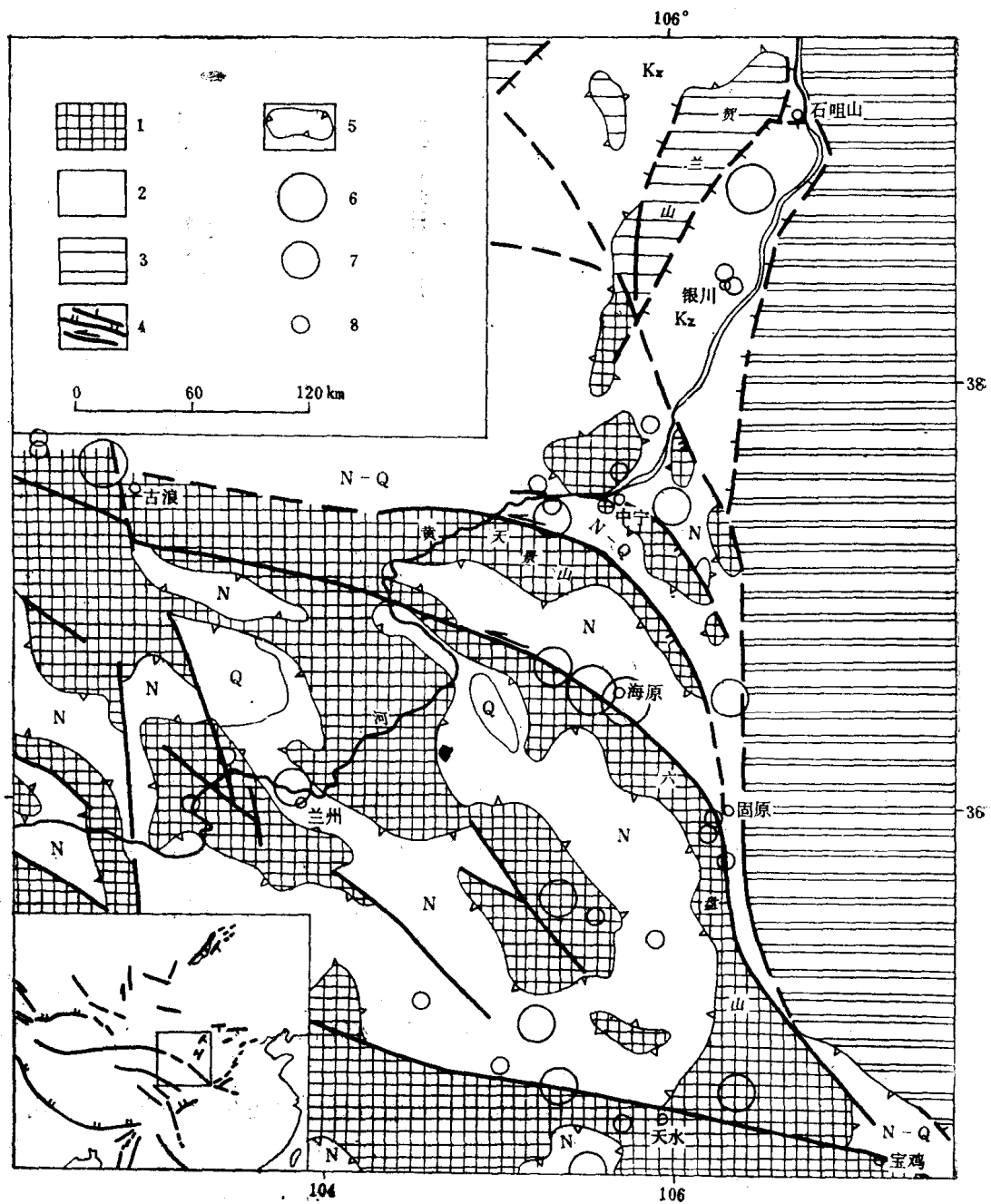


图1 区域构造略图

1. 青藏断块区; 2. 鄂尔多斯断块; 3. 吉兰泰-银川地堑系中的地垒式山地;
 4. 断裂(正断层、逆断层、走滑断层); 5. 盆地; 6. $M \geq 8$ 地震;
 7. $7 < M \leq 7$ 地震; 8. $6 < M \leq 6$ 地震

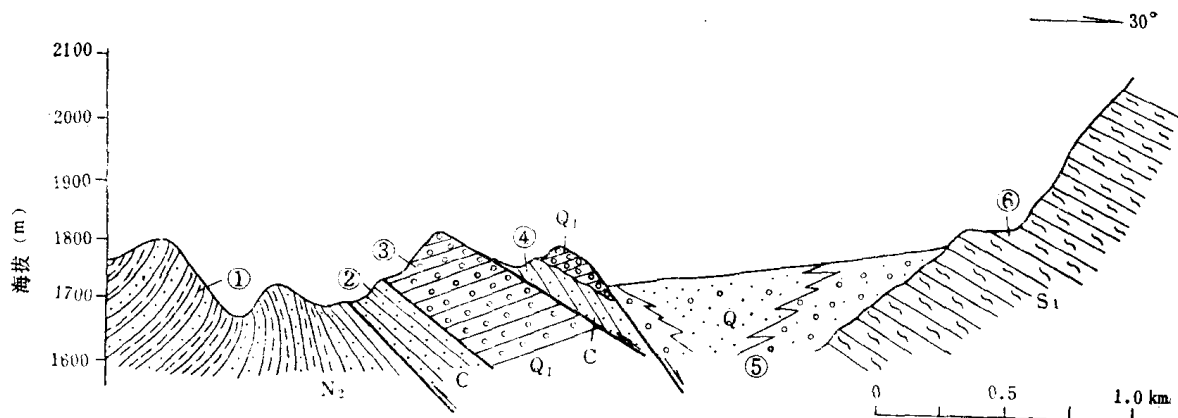


图2 海原断裂带西段荒凉滩地质剖面

①红色砂岩、泥岩； ②灰绿色砂岩； ③砾岩； ④黄色砂岩； ⑤砾、砂； ⑥板岩

二、海原活动断裂的基本特征

海原断裂带主体部分走向 $285-295^\circ$ ，但其东端转为 320° 左右，为一条中、晚第四纪以来强烈活动的左旋走滑断层带，它使横穿断裂带的不同年龄的河流和冲沟发生幅度不等的左旋变位，切错山体及各种地质体^[3, 4]。强烈的剪切变形集中于一条宽仅 1—4 公里的狭窄条带内，除两端约 50 公里尚未工作外，在已考察的长约 200 公里的长度内，走滑断层带由 9 条次级剪切断层 (SF) 组成，但每一条次级剪切断层的长度相差很大。除东端两条次级剪切断层外，所有次级剪切断层的走向与走滑断层带总方向相差仅 $10-15^\circ$ ，因此，这是一条由一系列不连续的次级剪切断层作羽列型式排列的走滑断裂带^[5, 6]。研究区内次级剪切断层的主要特征见表 1 和图 3。

由表 1 及图 3 可知，次级剪切断层的长度虽然可以在十余公里至几十公里范围内变化，

表 1 海原断裂带内次级剪切断层活动特征简表

编号	断层名称	断层长度 (公里)	断层走向	断层倾向 及其变化	位移性质	最新活动情况
SF ₁	硝口-蔡祥断层	55	$320-330^\circ$	南西	逆走滑断层	使年轻水系发生左旋错动
SF ₂	大黄沟断层	几公里	$320-330^\circ$	北东	逆走滑断层	使年轻水系发生左旋错动
SF ₃	南西华山北麓断层	63	$305-310^\circ$	东段：北北东 中段：南南西 西段：南南西	东段：正走滑断层 中段：逆走滑断层 西段：正走滑断层	走滑错距以西华山北麓逆走滑段最大，第三系与前第三系不整合面和前寒武系中特殊标志层被左旋错移了 14 公里。 A 级河流* 变位幅度达 500—600 米， B 级河流变位幅度为 50—90 米。 沿断层向东、西两侧位移幅度变小，前者为 100—200 米，后者为 20—50 米
SF ₄	黄家洼山南麓断层	20	305°	北北东	东段：正走滑断层 西段：逆走滑断层	A 级河流位错幅度为 180—260 米， B 级河流变位幅度为 30—80 米