

中国活动断裂

中国地震学会地震地质专业委员会

地震出版社

中国活动断裂

中国地震学会
地震地质专业委员会

地震出版社

1982

中国活动断裂

中国地震学会
地震地质专业委员会

*

地震出版社出版

北京复兴路六十三号

北京市朝阳区展望印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售

*

787×1092_{1/32} 印张: 20_{3/4} 插页: 8 千字: 514

1982年8月第一版 1982年8月第一次印刷

印数: 1—5500册

统一书号: 13180·173 定价: 2.30元

编辑说明

1980年9月7日至18日，中国地震学会地震地质专业委员会在宁夏回族自治区银川市召开了成立大会，并举行了第一次学术讨论会。讨论会的内容为中国的活动断裂与古地震。会上，许多同志对我国近年来在活动断裂方面的新发现和新资料以及古地震现象，进行了交流和讨论。会后，我们整理了这次会上的主要论文，编辑了这本命名为《中国活动断裂》的文集。

在本文集的编辑过程中，为了尊重文章作者的意见，一般都未予改动，仅仅进行了某些文字加工。

此外，为了使读者对中国的活动断裂与古地震有更加形象的了解，在书末还附了61幅活动断裂和古地震现象的照片。其中有些来源于书中的论文，有些则是专门编辑的。

本文集由丁国瑜主编，邓起东、刘光勋、王连芳副主编。王笑媛、姚彦之、王文瑚、吴裕文参加了编辑工作。全书图件的植字、清绘工作由国家地震局地质研究所和地震地质大队承担。

由于篇幅所限，本书不能包括讨论会上提供的全部论文，照片也仅选取了其中的很小一部分。特致歉意。

中国地震学会
地震地质专业委员会

目 录

中国内陆活动断裂基本特征的探讨(代前言).....	丁国瑜(1)
论活动断裂.....	徐煜坚(10)
地震与断裂关系的讨论.....	马宗晋(14)
中国的活动断裂.....	邓起东(19)
用历史地震资料研究活断层现代活动特征的几个问题.....	向宏发(28)
中国主要构造体系中生代和新生代的特征及其演化过程.....	许桂林等(31)
京津唐地区活动断裂带现代运动特征.....	马廷著等(38)
京津及河北平原的最新活动构造带.....	李祥根等(44)
河北省断裂构造与地震(据卫星图象解析).....	翟振生等(51)
太行山南段的活动断裂.....	许桂林等(59)
唐山地震与第四纪活动断裂.....	强祖基等(67)
唐山地震的后效与断层活动.....	马 瑾等(72)
白塘口西断裂活动初析.....	郑允杜等(81)
断块现代构造应力的地震波分析.....	蒋 溥等(86)
冀鲁平原区中新世代的构造应力场及其变化之探讨.....	康来迅(92)
郯庐断裂带新生代的构造活动及应力场特征.....	曾秋生(101)
郯庐断裂带江苏段的新活动与地震.....	朱永正等(106)
郯城-庐江断裂带的现代构造活动特征.....	应 立等(112)
郯城-庐江断裂带深部结构特征探讨.....	史志宏等(118)
活动性断裂附近的剪应力.....	丁旭初等(122)
利用地质和考古方法研究山西平遥活断层的现代构造运动.....	孟繁兴等(127)
渭河新生代断陷盆地与华县大地震.....	韩恒悦等(133)
汾渭断陷带形成机制及其地震活动性的实验研究.....	王春华等(141)
地堑型断裂对地震活动性的影响.....	许寿椿等(147)
宁夏石咀山长城错动.....	何寿欢(151)
宁夏北部活动断裂的若干特点.....	汪一鹏等(154)
贺兰山东麓活动断裂带的初步探讨.....	廖玉华等(162)
东北大陆活动断裂系与地震.....	赵文峰(167)
辽南地区共轭性活动构造与地震关系的初步研究.....	钟以章等(172)
有关金州断裂南段新活动的几个疑点.....	韩慕康等(178)
华南地区新华夏系构造晚近活动及其与地震的关系.....	刘昌森等(181)
华南地区温泉、地震和活动性断裂关系的研究.....	王春林(190)
长江下游地区块断构造及其边界活动断裂和溧阳地震.....	秦大正(196)
福建沿海地区北西向断裂近期活动性与地震活动.....	陈玉仁等(200)

海原大震与断裂活动.....	陈志泰等(206)
河西走廊西部的活动断层和地震.....	时振梁等(212)
阿尔金断裂带.....	冯先岳(219)
天山南缘主要活动断裂及其现今活动特点.....	戈树谟(226)
秋立塔格-北轮台活动断裂带.....	吴裕文等(231)
四川活动断层分类及蕴震构造类型的初步研究.....	黄圣睦(236)
康滇活动构造带的形成力学机制及其强震活动.....	汪良谋(242)
则木河断裂的地震地质特征及其与地震关系的初步研究.....	黄祖智(251)
从形变资料看鲜水河断裂带的活动特征.....	张存德等(262)
红河断裂带的断错水系与地震活动问题.....	朱成男等(267)
从工程需要谈活动断层的鉴别.....	王景铎等(273)
古地震标志问题.....	丁国瑜(276)
宁夏中宁古地震的若干特点.....	朱海之等(282)
山西洪洞县郇堡村古地震遗迹及有关问题的讨论.....	刘光勋等(291)
北京西郊古地震研究.....	王挺梅等(295)
北京顺义古地震的初步研究.....	王挺梅等(301)
沂沭断裂带及其附近若干地震遗迹的讨论.....	高维明等(307)
延怀盆地中更新世湖侵、新构造运动和古地震问题.....	杨景春(312)
一种大地震遗迹鉴别问题的讨论.....	徐慧生(318)
照 片 选 辑	(323)

THE ACTIVE FAULTS IN CHINA

Committee on Seismogeology,
The Seismological Society of China

CONTENTS

A discussion on the basic characteristics of the active faults in the Chinese continent (With Preface).....	Ding Guoyu(1)
On the active faults.....	Xu Yujian(10)
The relationship of earthquakes and faults.....	Ma Zhongjin(14)
The active faults in China.....	Deng Qidong(19)
A study of recently active faults by the historical seismic data.....	Xiang Hongfa(28)
Some characteristics of mesozoic and cenozoic activities of the main tectonic systems in China and their evolution.....	Xu Guilin et al.(31)
The characteristics of recent movement of the active faults in the Beijing-Tianjin Tangshan region.....	Ma Tingzhu et al.(38)
The recent active tectonic belt in Beijing, Tianjin and the Hebei plain.....	Li Xianggen et al.(44)
The faulting and earthquakes in Hebei province (on the basis of satellite imageries interpretation).....	Zhai Zhensheng et al.(51)
The active faults in the southern segment of Taihangshan Mountain	Xu Guilin et al.(59)
Tangshan earthquake and Quaternary active faults.....	Qiang Zuji et al.(67)
The effects of the Tangshan earthquake and the faulting.....	Ma Jin et al.(72)
The preliminary analysis of the faulting in the western Baitangkou	Zheng Yundu et al.(81)
The analysis of recent tectonic stress field of fault blocks by seismic waves ...	Jiang pu et al.(86)
Cenozoic and Mesozoic tectonic stress field of Hebei-Shandong plain and its changes.....	Kang Laixun(92)
The Cenozoic activity and the features of stress field of the Tancheng-Lujiang fault zone.....	Zeng Qiusheng(101)
The new activity and seismicity of the Tancheng-Lujiang fault Zone (Jiangshu segment).....	Zhu Yongzheng et al.(106)
The characteristics of the recent tectonic movement along the Tancheng-Lujiang fault zone.....	Ying Li et al.(112)
A preliminary study of the deep-seated structures of the Tancheng-Lujiang fault	

zone.....	Shi Zhihong et al.(118)
The shear stress near the active faults.....	Ding Xuchu et al.(122)
The geological and archaeological study of the recent tectonic movement of active faults at Pingyao, Shanxi Province.....	Men Fanxing et al. (127)
The Cenozoic Waihe graben-basin and Huaxian great earthquake.....	Hang Hengyue et al. (133)
The experimental study on the formation mechanism of the Fenhe-Weihe graben zone and its seismicity.....	Wang Chunhua et al.(141)
An influence of graben faults on the seismicity.....	Xu Shouchun et al. (147)
On the dislocation of the Great Wall near the Shizuishan City, Ningxia Autono mous Region	He Shouhuan(151)
Some features of the active faults in the northern part of Ningxia Autonomous Region	Wang Yipeng et al.(154)
A preliminary discussion on the active fault zone along the eastern piedmont of Helanshan Mountain.....	Liao Yuhua et al.(162)
The active fault system and earthquakes in the northeast continent of China...	 Zhao Wenfeng(167)
The preliminary study for the relationship between the conjugate active tectonics and earthquakes in the southern Liaoning area.....	Zhong Yizhang et al.(172)
About some questionable points of the recent activity of the southern segment of Jinzhou fault.....	Hang Mukang et al.(178)
The recent activity of Neocathaysian structural system in South China and its relation to the earthquakes	Liu Changsen et al.(181)
The relationship between the hot springs, earthquakes and active faults in South China.....	Wang Chunlin(190)
On the block faulting and its boundary active fault in the lower Changjiang (Yangtze) River and the related Liyang earthquake.....	Qin Dazheng(196)
The recent activity of the NW-trending fault and seismicity in Fujian coastal area	Chen Yuren et al.(200)
The strong Haiyang earthquake and faulting	Chen Zhitai et al.(206)
The active faults and earthquakes of the western Hexi Corridor.....	 Shi Zhengliang et al.(212)
The Altun fault zone.....	Feng Xian Yue(219)
The main fault on the southern edge of the Tianshan Mountain and its recent activity.....	Ge Shumo (226)
The Qiulitage-Beiluntai active fault zone.....	Wu Yuwen et al.(231)
A preliminary classification of active faults and the earthquakeprone structures in Sichuan Province.....	Huang Shengmu(236)
The mechanical study of formation mechanism of the Kangdian active tectonic	

zone and its intense seismicity	Wang Liangmou (242)
A preliminary study of the seismogeological characteristics of the Zemuhe fault and its relation to the earthquakes.....	Huang Zuzhi et al.(251)
The activity of the Xianshuihe fault zone from the ground deformation data...	Zhang Cunde et al.(262)
The offset of drainage system and seismicity of Honghe fault zone	Zhu Chengnan et al.(267)
The evaluation of active faults from the engineering construction	Wang Jingbo et al.(273)
On the criteria of paleo-earthquakes.....	Ding Guoyu(276)
Some characteristics of paleo-earthquakes in Zongning County,Ningxia Autonomous Region.....	Zhu Haizhi et al.(282)
A discussion on the paleo-earthquake evidences and related problems in the village Xunbaocun, Hongdong County, Shanxi Province.....	Liu Gangxun et al.(291)
The study of paleo-earthquakes in the western suburbs of Beijing	Wang Tingmei et al.(295)
A preliminary study of the paleo-earthquakes in Shunyi, Beijing	Wang Tingmei et al.(301)
The earthquake evidences in the Yishu fault zone and its neighbouring area	Gao Weiming et al.(307)
The study of the middle Pleistocene invaded lakes, neotectonic movement and paleoearthquakes in the Yanqing-Huailai basin.....	Yan Jingchun(312)
On the evaluation of the evidences of the great earthquakes.....	Xu Huisheng(318)
Selected Photo	(323)

中国内陆活动断裂基本特征的探讨

——代前言——

丁 国 瑜

活动断裂(或称活断层、活动断层)在全球有着广泛的分布,对它的研究一直是一个很引人注意的课题。由于它是一个与构造地质学、地震学以及地球动力学中一系列理论问题有关的重要地质现象,而且它与大型工程(如大坝、核设施等)的基础稳定性、地震危险区划、地震预报等许多实际问题有着密切的联系,因而,近些年来,随着各种观测新技术的发展与应用,以及板块构造、地球动力学、岩石圈、地震预报等重大研究计划的开展,把活断层的研究推向了更深更广的领域。

严格说来,活断层一辞的含义还有许多不明确和有争议的地方。但一般说来,把活断层限定为第四纪至今还活动的断层,即指那些正在活动和断续活动着的断层。它的活动性,可以通过各种直接和间接的方法观测和认识到。

在我国地质研究的初期,对活断层就已有人注意到了。建国以后,在50—60年代,随着经济建设任务的要求,对活断层的研究有了很大的发展。特别是自1966年以来,由于一系列强烈地震的发生,使与地震密切相关的活断层研究提到了更为广泛的、更加重要的位置。十五年来,结合地震预报问题的探索,以及水利工程等建设工作的需要,对活断层研究的规模和采用的方法都有了明显的变化和进展。除了地质学的调查研究外,在一些重点地区及重点断层上还进行了大量固定的和临时性的形变测量工作,它包括大范围的水准重复测量、数以百计的跨断层的短水准线复测、三角网测量、断层蠕变观测,以及倾斜仪、伸缩仪、连通管等定点仪器观测。另外,沿一些断层带亦开展了应力测量、微震观测、震源机制以及其它地球物理方法的观测和研究。这些工作,有的在一些地段已连续地进行了十多年,为研究活断层积累了丰富的实际资料。近年来,结合全国地震构造图、烈度区划图以及利用遥感资料进行的地震构造等各类图件的编制工作,各省(区)地震研究部门在其它生产、科研、教学部门的协助下普遍进行了活断层的调查研究工作,对全国的活断层可以说是进行了一次大普查。1980年9月,中国地震学会地震地质专业委员会在银川召开了中国活动断层和古地震专题学术讨论会,对近年来这一专题领域的研究成果进行了一次比较集中的交流和检阅。本书即是这次讨论会部分论文的汇编。在汇编的53篇论文中,包括了我国不同地区的一些活断层的情况,以及与活断层研究密切相关的古地震、历史地震断层、研究方法等方面的内容。

当然,对其中的一些问题目前还存在着不同的看法,问题讨论的深度也还有差异,但通过这些材料却可对我国活动断裂的基本特征有所了解,同时可作为进一步深入研究我国活动断裂问题的一个新起点的基础。

为了有助于了解和讨论我国活断层的一些基本特征,下面就近年内常常遇到的几个问题(主要是活断层的地质学研究中的一些问题),作一些简单的回顾和讨论,以此作为这个文集的一个引子。

一、活断层与地震

在世界许多地区对活断层的辨认最初是从地震断层开始的。如日本1891年浓尾地震、美国1906年旧金山地震都造成了明显的地震地表断层，对它们的研究已成为推动活断层研究的一个起点。地震断层是指地震时应变积累的突然释放所形成的地壳破裂，它是存在活断层最直接的反映。一般大于6.5级或7级以上的地震都有明显的地表断层出现。关于断层的长度、地表破裂的长度、断层错距等与震级的关系问题，讨论很多，提出过许多统计公式，对此无需赘述。需要指出的一点是，它们之间的关系由于出露情况、区域构造条件、地震类型的不同，常常是很复杂的。近年来，我国发生的大地震就充分表明了这一点。1971年炉霍7.9级地震形成了83公里的地震地表断层，而1976年唐山7.8级地震的地表断层仅8公里长，龙陵地震等则无连续较长的明显地表断层出露。一般说来，沿已有断裂带上发生的地震大小与地震地表断层长度间的关系比较明显，而发生在远离断裂带的较完整地块内部的地震地表断层规模则较小，甚至很不明显，并且常常具有双向共轭破裂的特点。这后一类地震断层的特点及活动机制，对研究内陆活动断裂来说有其特殊的意义。

在大陆内部，强震常常沿着一条活动断裂带成系列地连续发生，这种情况是断裂带上一个段落强烈活动的直接显示。如：汾渭断裂带在十六—十七世纪的活动；海原—古浪—昌马强震系列显示的河西走廊断裂带，在本世纪二十年代至三十年代的活动；邢台—渤海—海城—唐山强震系列显示的华北平原东部断裂带，在近一、二十年来的强裂活动等。结合对这些强震系列的研究可以了解到许多断层活动的具体细节。

在我国内陆地区，地震还常在一定区域成丛、成片地发生，这些地震的破裂带相互交叉构成地壳的现代破裂区。这些破裂区是以地震断层形式出现的活断层集中发育的地带。从我国的一些情况看，这种破裂区往往是大陆内部地壳上构造复杂、在区域应力场中占据特殊部位的地段。如：甘南川北一带是青藏高原东北角的一个转折挤压地带，断裂和地震活动强烈，明显地构成一个地壳的现代破裂区；藏东、川滇西部以及帕米尔也是多震的现代地壳破裂区，它们是处于喜马拉雅板块碰撞带的两个端部及其附近的复杂部位。华北地区，从大范围看也构成了一个大震丛集的地壳新破裂区，这一破裂区的形成看来是与我国西部地壳变形的影响和东部一些边缘盆地复杂的最新张裂及扭动活动有关。这些破裂区都是研究活断层的重要地带。需要指出的是，一些破裂区、带的位置是变化的，或者说它们有着不同的活动周期，故断裂活动有时呈现出此起彼伏的现象。华北平原近数百年来，地震活动区的东移及其主要破裂带由汾渭带迁至平原带就是一个明显的例子。近百年来，我国的强震集中活动的区域，也就是以地震断层形式出现的活断层活动的地区，在本世纪初期在帕米尔至阿尔泰山一带，二十至三十年代主要在青藏高原东北部，四、五十年代在青藏高原东南部，六、七十年代则集中在川滇及河北平原。这很好地表明了地壳破裂活动区域的转移和变化。

我国的地震活动带虽然大部分是与地表出露的活动断裂带相一致的，但也有许多现象表明它们穿越了地表不同方向的构造单元，明显地表现出与地表构造的不一致性。这就提出了表部和深部断裂的关系及隐伏活动断裂的问题。例如，在我国西部新疆一带的8级强震，主要是沿着帕米尔—天山—阿尔泰山以至蒙古境内一线分布，明显构成了一个北东向条带，但这一带的地表断裂却主要是北西向或近东西向的。值得指出，关于在这一带存有北东向隐伏深断裂带的问题已有不少讨论，显然，这一强震活动带是与这一隐伏断裂构造的控制或最新活动

有关。我国“南北地震带”的有些段落也有地震活动带与表部构造不一致的情况。在川北至甘南的一段最为明显，强震带是北北东向分布，而地表构造却呈东西和北西西向，两者截然不同。在川滇，自龙陵经盐源至昭通的北东向中强地震分布条带也与这一带的南北向及北西向为主的区域构造相斜交。这同样也是在探讨活断层与地震关系时需要研究的问题。

二、内陆的大型走滑活断层

在我国大陆内部发育有一系列规模巨大的活动着的走滑断层，如阿尔金断裂、班公湖断裂、红河断裂、鲜水河断裂、阿尼玛卿断裂等。它们有的长上千公里，在地形上具有鲜明的地貌特征，反映出很强的最新活动性。它们还往往是大陆内部地块间的边界，并直接显示出地块间现代的相互运动状况。这些大型走滑活断层是亚洲大陆东部一种非常重要而突出的现代活动构造形式。Mckenzie、Molnar 等认为，它们是大陆碰撞所伴生的一种典型现象。对中国内陆这一系列大型走滑活断层的解释是认识中国一系列新构造现象的一个关键因素。

这些大型走滑活断层许多是沿衰老的不同性质的断裂带发育起来的，有很久的活动历史，有的有数公里、数十公里以至上百公里的水平位移量。但对研究它们的最新活动来说，问题是要回答最新的走滑活动是自什么时候开始的，在这些巨大的位移量中第四纪的活动占多大比重，以及现代的活动方式和速率如何等。

这里无需再对这些走滑断层进行重复的具体叙述。这方面已发表过很多材料，甚至许多国外学者也根据它们在卫星照片上所显示出的引人注目的形象，作了不少分析研究（Allen, 1975; Molnar and Tapponnier, 1975, 1977; York, 1976等）。本文集中有关阿尔金、红河、则木河等断裂带走滑活动的介绍主要是近几年取得的一些新资料。

在讨论上面提到的一些问题时，这里还想着重强调一下，活断层地形的研究和年代测定的问题。因为这些断层的水平错动往往在地形上留下明显的迹象，尤其是对水系的错动改造最为清楚。在我国沿许多大走滑断层都可找到水系的扭曲变形和断错现象。而且由于河谷时代新老的不同，随着活断层不断的水平滑动，常见它们显示出不同断错距离的现象。例如：沿阿尔金断裂新构造时期平移距离达4—5公里；红河断裂右旋平移，反映在水系上的错动有5公里。在宁夏清水河断裂、青海阿尼玛卿断裂、四川鲜水河断裂、云南小江断裂、畹町断裂等许多走滑活动断裂带上也都有明显的水系断错现象。在新疆北部阿尔泰山区的可可托海—二台断裂上，横穿断层的最古老河谷错开的距离达3公里以上，长度约数十公里的第四纪时期才发育的多条河流被断错的距离也达2公里左右，更新更短小的河谷或冲沟则有数百米、数十米等不同的错距。最新的一次较大的错动是1931年发生在这一断裂带上的富蕴8级地震造成的，发生了11米左右的右旋水平位移，造成了河谷、冲沟、洪积扇以及倒石堆等的又一次明显错位。新老不同的地貌单元分别具有不同的平移幅感。错移三十余米的古老倒石堆，反映至少已遭受过三次近似富蕴8级的强震或多次中强震的错动历史了。运用地貌学方法研究这些走滑活断层的错动情况有许多有利条件。尤其对各类图件、航空及遥感资料的分析 and 运用，有大量值得开展的工作。当然，同时还必需加强年代学的研究。这些方面资料的积累，将对认识我国走滑活断层的活动状况提供重要的结论。

三、张性活断层

板块内部的引张构造一直是很引人注意的一个现象。新生代以来，中国东部大陆边缘活

动带的扩张与沉陷，在华北平原等地形成了一系列的地堑及箕形构造盆地。在这些盆地边缘的张性断层，沿袭了第三纪以来的垂直引张活动，直至今日。它们是东部地区活断层中的一个主要类型。沿鄂尔多斯周围的一系列地堑盆地边缘的张性断层则出露地表，沿着这些活动断裂带发生过许多大地震，保留有大量近代地震或古地震造成的痕迹，是研究这类活断层的良好地区。需要指出的是，在华北发育这类断层的盆地区，一方面是垂直的正断层运动明显地占有重要的位置，一些盆地中的新生代沉积物厚度加上山区老第三纪唐县期夷平面已抬升的高度，总计可达十余公里，许多盆地的地貌形态和地质结构特征以及形变测量所提供的资料都说明它们是具有引张活动的构造。但是，另一方面，沿这些断裂带的地震机制、地震断层以及地震前后的形变测量资料又都表明沿这些断层有很大的水平活动分量，且一般水平错动量比垂直活动量大数倍之多。当然，这一情况多限于地震前后短期的形变资料所提供的，更长期的断层活动是否也是如此，还是一个需要深入研究的问题。这一事实说明，中国东部的活动张性构造与美国西部张性构造区以及一些典型的内陆裂谷带的张性破坏区还不同，有其一定的区域特点。

对东部地区这些具有强烈扭动和伴有强烈地震活动的张性活断层的形成机制，目前还有很大的争论。一些人把中国东部的张性构造视为印度与欧亚板块的碰撞引起的大陆内部连续变形的一种显示，认为它们是阿尔金走滑断层转变为南山挤压带后向东延伸至华北地区，在变形方式上的再一次变化。有人则强调太平洋板块俯冲的影响，认为这些张性构造是由于地幔物质在边缘盆地区的上隆而导致的地壳拉薄和张裂，岩浆热活动对地壳的预热及弱化作用是使华北地壳破裂和地震活动强烈的背景。也有人认为是这两种作用综合作用的结果。看来，这一问题还远未清楚，各种作用因素所占的比重，各自施加的力的大小都还有待进一步的深入探讨。

此外，有日益增多的资料表明，在华北地区，不少表部的正断层向深部延伸渐变为铲状断层，形成表层沿水平方向的滑动。华北地区有大量的小震呈面状分散分布，其深度与沉积盖层的厚度大体相当，约在数公里至十余公里之间。这些现象说明，一些小震的活动很可能与这些铲状断层底面的滑动或深部其他结构面间的滑动有关。微震机制的深入分析，可能会给解决这一问题提供重要的结果。

四、内陆活动断裂的活动方式

以地震方式产生突然滑动和缓慢的蠕动是断层活动的两种基本方式。在古老地台广泛发育的我国大陆上，强烈而广泛的地震活动，客观地反映了突然滑动的方式，是我国断层活动的一种重要方式，这在前面已作了一些讨论。另外，还有不少现象表明，有些断层沿一些段落，近代水系等多种现代地貌形态被明显错动，却没有大地震的记载，其中有的段落很可能具有以蠕动为主的活动方式，但是，由于它们大多处于工作不便的山区，还缺乏细致的动态观测资料。

有关断层在大震前的短时间或较长时间内在震源和震源外围的蠕滑问题，近年来，已引起了许多人的注意。郭增建曾指出，1556年关中大地震前7—8小时，震中区出现地旋运现象；1920年，海原大地震前崖上无故落土等也都可能是震前断层蠕动引起的形变现象。1976年唐山地震前后的一些宏观现象，如井壁坍塌变形现象、沿八宝山断层地下水位的变化、在河北省中部的井喷现象等，都有人论证它们可能是与深部断层的蠕动有关。由唐山地震区形变

资料反演求得的震中区内 8 公里 $\times$ 6 公里的地带, 在 1969—1975 年曾发生了走滑错距为 104 厘米的无震蠕滑, 走向和倾向滑动平均速度分别达 18.6 及 1.4 厘米/年 (张郢珍, 1979)。对沧东断裂带在唐山震前形变资料的反演, 则发现更大范围内断层震前蠕滑的存在 (赵国光, 1979)。

值得指出, 大陆内部还有一种特殊的反映断裂蠕动的构造形式, 就是由于地壳块体或断裂带的蠕动, 导致在地壳中发生的一系列微型破裂构造, 一般称之为“地裂”现象。当然, 地面产生的裂缝有多种类型和不同的成因, 受气候及局部水文、土质条件影响而产生的非构造地裂现象是很常见的。但 1974—1976 年, 在冀、鲁、豫、皖等省先后出现的大面积地裂现象, 却表现出与区域构造方向以及大范围应力场的力学性质、分布方向有很好的一致性, 它们不受土质条件、气候、水文条件、地貌条件的影响而广泛分布, 在大范围内, 表现出有统一的受力方向。所有这些特点, 均反映它们可能是一种大范围的构造活动或深部断裂的蠕动而引起的地表蠕裂现象。

此外, 在大陆内部, 大量交织成网的断裂中, 有不少断层虽不具备明显的位移错动, 但并不是不活动的, 而是断裂的两盘处于经常反复错动着的未愈合状态。这也是引起“什么是活动断层”一词的一个争论所在。这种没有明显错距、但并未愈合且反复错动着的断裂是地壳上断裂活动的一种很普遍的形式, 我们称此种形式的断裂活动为“旷动”。活动断层在其以粘滑方式运动的段落, 是以强地震活动为标志的; 在蠕动方式运动的段落, 则以中小地震活动为主要表现。至于旷动形式则视为未愈合断层沿断裂带无明显错动位移的形变。一般断层的旷动并不表现有地震活动, 可能没有或只有很低的应力降。但对这种运动状态的研究, 对于了解区域应力状态、地块间相互牵制调整的状况和作为探讨与地震前兆有关的一种现象, 却可能是很有意义的。利用跨断层基线、短水准测量和各类形变和应变测量手段所得的不少资料, 反映了断层这一类型活动的状况。近年来, 在华北、西南、东南沿海等地的一些断层上, 进行了断层位移重复观测, 其测量的结果表明, 许多断层都在不断地反复变化, 这是地壳不连续结构面运动状态的一种反映。例如在唐山大地震前, 许多形变测量点表现出地壳活动方式的一致性和异常变化的同步性 (王宗贤等, 1978), 它可以作为了解区域应力状态和地块间相互调整的一种现象。

五、活动断裂的发育阶段与地震活动

活断层的发生、发展以至衰亡的过程, 总的看来, 是从微小的节理系到直线性的断层, 到大型的波状弯曲的断裂带, 最后被扭曲、切割、愈合、消亡的过程。在不同的发展阶段, 地震活动性表现出很大的不同。因此, 分析活断层处于什么发展阶段, 对判定沿活断层带的地震危险性具有一定的意义。

地壳的破裂往往是先从剪切开始的 (张文佑, 1977)。地壳剪切强度弱或剪切应力最强的一些地带, 常是破裂孕育发生的场所。这些地带可以是一个新的微裂隙系的发育地带, 也可以只是一个应力集中的隐形破裂带。这是活动断裂发育的最初阶段。此阶段活断层没有明显位移, 可称为锥形破裂或幼年期的活断层。它们的存在常以小震的成带活动表现出来。

生长期的活断层是生命力最旺盛的发展阶段的活动断层, 形态上往往表现为直线式的断裂构造, 有明显的位移, 常是多条成组成系统的存在。华北一系列地堑或箕形盆地边缘的同生断层和活动的北西向断层, 新疆、甘肃一带一些北北西向的活动断层等, 都是正在蓬勃发

展中的年青活动断层。生长期活断层的活动方式比较单一，在其向前破裂发展的端部或与其他构造交叉的部位常有中强震或强震发生。

发育成熟阶段的活断层可称为活跃期或壮年期的活断层。它们常以规模巨大的弧形或波状延展的活动断裂带出现，往往是多条年青的活断层发展联通而成的。其活动方式较为复杂，位移量相当大。在其不同活动段落，地震活动性强弱不一，且有活动段落的迁移转化现象。我国西部的一系列巨型走滑活断层多属这一发展阶段。

活断层发育的最后阶段是衰亡期或老年期的活动断层。这类断层由于其活动程度微弱，常常明显地被扭曲变形，以致被切割支解。沿这类断层地震活动性很低，活动周期也较长，但可有个别的调整性地震发生。郯庐断裂带就可视为一个已处于衰亡期的活动断裂带。据卫星照片以及形变资料的分析，它已为一系列北西向新的活断层所切割，沿郯庐断裂带历史上发生的个别强震可能就与这些规模虽小但正在蓬勃发展中的北西向断裂的活动有关，郯庐断裂只是在发震的结构条件上起着重要的作用。当然，对这个断裂带的活动性也还存在着很不同的看法。

当断层的活动已完全停止，断层已固结愈合时称愈合断层或死断层、化石断层，这时已无地震活动可言。

需要指出，并不是所有活断层都会完整地或按次序地经历上述的各个发展阶段，大量的活断层在经历了一个或两三个发展阶段后，由于没有适宜的条件便停止了发展，有的还可以在衰亡后再次复活。这都决定于应力场状况的变化。

一般说来，直线形的巨大的舒缓弧形的走滑活断层才是主要的伴有强震的活动断裂构造，而在波状扭曲的压性断裂带上则地震较少。在悠久的地质历史中，断裂是在不断地新生着、发展着和衰亡着。伴随着地壳运动的发展，有时大量生成，有时大量衰亡，而有时只是较平稳地发展。因此，研究活动断裂必须注意区分它们在不同发展阶段中的不同形态特征和活动特点。总的看来，愈新的愈尖锐平直，愈老的愈揉皱弯曲，这几乎可以作为判别活动断层发育阶段以及地震活动性的一种可用的形态标志。

六、内陆活断层的相互牵制与转换

断层活动是受区域构造及应力场的控制和支配的。内陆活断层是地块间相互运动调整的枢纽。由于这些地块是相互镶嵌的，而且由于它们的结构及受力状况不均一，地块之间的相对挤压、拉张和扭动就构成了这些大小地块间的断层活动，表现出相当复杂的情况。这些活动断裂，除了在不同段落有不同的活动方式外，还由于它们相互间的联系，构成网络状，因之断层的活动往往不是孤立的，而是相互牵制，相互调整，并在运动的形式上具有相互转换的特点。一条活断层的终端总是要以各种方式转换为另一种性质的活动，以调整地块运动所造成的地壳拉张、缩短和扭曲。研究分析活断层间相互转换的状况，对了解现代构造应力场，包括认识地震活动的规律性有着重要的意义。虽然大陆内部地块的结构和相互运动情况与巨大的岩石圈板块间的相互运动有很大的不同，但大陆内部大小地块边界间的正断层、逆冲断层和走滑断层的活动，从某些角度看，又可以和岩石圈板块的聚合边界、扩张边界和转换断层三种基本边界类型相类比。一些研究岩石圈板块间相互运动的几何学原理和方法，如不同类型断层的转换、地块的绕轴转动和三联点的演化，在一定的条件下，对分析大陆内部地块间的相互运动，以及分析它们之间各类活断层的相互联系和活动规律，是可能加以参考

和运用的。

近年来,由于在地质、遥感、地震以及地壳形变观测等方面大量资料的积累,已有可能勾画出我国大陆内部一些主要活断层间的现代联系和转换的大体轮廓。

青藏高原是现代非常活跃的巨大地块,在其四周活动断裂带的相互转换表现的最为清楚。其南侧的喜马拉雅弧形挤压断裂带的两端是与西侧的基达-卡曼左旋走滑断层和东侧的阿拉干右旋走滑断层相转换的,其西北侧左旋走滑的阿尔金活断层与北侧的祁连山断裂带逆冲为主的活动也是具有明显的转换关系,再向东南至清水河一带则又转换为以走滑为主了。塔里木以北、天山、阿尔泰一带,除逆冲活动断裂外,还伴有一组北北西及近东西向的共轭走滑活动断裂系,再向北则转变为一系列北东向的张性活动断裂。在构造复杂的帕米尔及其周围地区,多条巨大的活动走滑断层(如狮泉河断层、卡曼断层、希拉特断层等),在延至该区后,很多在终端由走滑断层转换为明显的挤压断裂和褶皱构造。红河右旋走滑断层在北端大理一带也转变为一系列张性活动断层。在中国东部地区的一系列张性走滑活动断裂带及张性地堑盆地和箕形盆地,从东北经华北至东南沿海一带,呈现出走滑与张性活动断层的相互牵制和逐渐转换的统一图象。淮河流域及长江下游一带是这个南北活动状况变化的过渡区。此外,东部北东向的活断层又为一系列北西向的活动断裂所切割,更增加了它们之间活动性质相互转换的复杂性。这一图象既与北美大陆西部延伸至内陆上千公里的发育有大量张性活断层的张性破裂区图形有相似之处,而且又与北美东部沿海的老转换断层在大陆边缘的影响所形成的情况有共同点。

大陆内部还有一种常见的活断层相互牵制转换的形式,即在一些巨大的挤压褶皱带内侧,常常出现平直的活动走滑断层。在这种情况下,往往挤压带上的地震活动微弱,而与挤压带相伴生的走滑断层却是强震密集的地带。如龙门山褶皱带、滇东平行于小江断裂的南北向挤压褶皱带、祁连山褶皱带等都有这种情况,其内侧均发育有地震活动强烈的走滑活断层。这是大陆内部挤压与走滑活动相互转换的一种特殊形式。这类挤压带后的走滑断层的形成,往往与内陆地块相互挤压时挤压带后侧的物质向两侧不均匀滑动有关。在青藏高原内部,大体平行于喜马拉雅碰撞挤压带的一系列北西西向大型走滑断层与此也有相似的形成机制,不过规模非常巨大罢了。

七、活断层的分布组合图象及动力来源问题

通过近年来对各地区活断层的调查研究,已取得了一些对我国活断层分布特征的认识。一方面,在我国广泛分布的活断层有很明显的区域性特征。如以中部的南北构造带为界分为东西二部。在西部,青藏高原是一个独立的地区,以发育北西向、近东西向的大型左旋走滑活动断层为最突出的特点,其西北边界有北东向的左旋走滑断层。在塔里木及其以北地区,发育了一系列北西和近东西向逆冲断层和逆冲走滑活断层。在准噶尔以北,还有北北西与近东西向成共轭状的走滑活断层。在东部,以发育北东和北北东向的活断层为主。此外还有一系列规模较小但分布广泛的北西向横向活断层。其自北向南可分为东北、华北、华东、华南几个活动特征各不相同的区段。在华北,以与一系列新生代盆地相伴生的北东向张性右旋走滑活断层为特征。华南的北东向断层则以左旋为主。长江下游为一过渡区。南北带上则分布着北东、北西和南北几个方向成折线状断续相连的活动断裂带,反映了其受深部构造的控制和影响。这些情况都反映出活断层具有明显的区域特征。但另一方面,在中国大陆内部又有许

多资料表明,新的断裂活动在平面上的分布有不受区域构造单元的控制,且在大范围内呈现出规则的几何组合图象的特点,特别是地震活动反映出的地壳现代破裂具有大范围规则的网络性特点。

讨论我国活断层的区域特点、组合图象以及在活动方式上的相互牵制和转化等问题,就必然涉及到大范围的现代应力场及动力来源问题。当前对这类问题的讨论,主要集中在印度与欧亚大陆的碰撞、西太平洋板块活动对中国大陆的影响、大陆内部深部物质运动与热力源的影响以及地球自转状态变化的作用等几个问题上。

“碰撞”是一个具有明确物理含义的现象,它是指两个相对运动物体接触导致物体运动状态突然变化的过程。非弹性碰撞可导致物体内部产生一系列变形、破裂以及热过程等,并都在碰撞的瞬间发生。印度与欧亚大陆在新生代初期的碰撞是形成亚洲大陆内部一系列最新构造活动和变形的一个主要原因。讨论中国内陆的活断层问题是与这一重大的地质事件分不开的。除了碰撞能引起的断裂型式等问题外,尤其密切的是两个大陆主碰撞焊接之后,急剧变形的一幕是否已经过去,并开始了大陆内部新的均衡调整;当前边界的受力状态及其影响和传递的范围如何;在内陆大范围内是连续变形还是内陆小板块的运动等等问题,这些都涉及到对现代内陆活断层特征的认识,都还需要开展进一步的研究。

西太平洋板块活动与中国大陆的关系十分密切。在我国东部,从华北到东南沿海的活动断层,尽管走向一致,但其运动方式有很大不同。华北的主压应力方向以北东至北东东为主,至长江下游一带有转至近东西的趋向,至东南沿海则转变为北西西以至北西向。总的看来,来自西太平洋的挤压有大体垂直于海岸线方向的趋势,随着弧形海岸线的转变而转变。该现象与自洋壳传播至大陆的挤压力往往都是垂直于被动大陆边缘这一一般特征相一致,说明有来自太平洋向大陆边缘推力的存在。在东南沿海一带活动断层的活动性有自沿海向内陆逐渐变弱的现象,同样也说明了这一点。因而认识中国东部活断层的一些基本特征,对来自太平洋板块现代活动的影响是必须给以足够重视的。

关于来自地幔物质活动和深部热动力问题,近年的讨论已愈来愈多。在中国向东凸出的弧形海岸线地带,只有山东半岛以北的渤海及海南岛以北的雷州半岛是两个凸出或凹进于平滑的弧形海岸线的异常地区。在这两个地区的周围,有一系列盆地、岩浆、火山活动等张性构造现象。华北平原、渤海、黄海等地区的深部挤压而表部引张的活动,以及伴随的热活动,提供了易于产生破裂和地震活动的重要条件。来自太平洋的侧向挤压,使相对处于较高位置的大陆地壳,在深部遭受挤压,地幔上隆,表部则产生引张。这样,沿与侧向的挤压力斜交的原有的北东向和北北东向的断裂就发生了具有张性的走滑错动。在闽粤沿海一带,深部的热力作用对断层活动同样有着重要的作用,温泉、岩浆活动、地热等情况表明的热场以及地震活动都明显具有自西北向东南逐渐增强的特点。在这一带,地表虽无大型的张性盆地发育,但热场所呈现的冷热交替出现于不同地块区的现象,却反映出其表部也具有盆、岭交替型张性断块构造区的特点(王洪涛等,1980)。

此外,在大陆内部,强震活动在准噶尔盆地以北又有突然增强的现象,活动断层、地震断层、古地震等资料也反映出地壳活动甚为强烈。因此,在这一带以至蒙古、贝加尔一带,是否有古亚洲大陆向南方的相对挤压,也是一个值得讨论的问题。

关于大范围规则的现代地壳破裂网的问题,是许多地质学家及地球物理学家根据地壳上存在着一个统一的断裂系统和线性构造的规则分布,以及地震活动的分布规律等而提出的。