

活动断裂研究

《活动断裂研究》编委会

要目

1. 新疆独山子—安集海活动逆断裂—褶皱带的变形特征及其形成机制
2. 新疆独山子—安集海活动逆断裂带晚第四纪活动特征及古地震
3. 山西五台山北麓活动断裂带
4. 北京延庆盆地北缘正断裂带姚家营地点的活动特征
5. 怀来—涿鹿盆地周缘的活动断裂及其基本特征
6. 郯庐断裂带郯城—新沂段活断层研究

地震出版社



活 动 断 裂 研 究

Research on Active Fault

1

《活动断裂研究》编委会

地 震 出 版 社

Seismological Press

1 9 9 1

(京) 新登字 095 号

内 容 提 要

本书是《活动断裂研究》系列出版物的第一集, 主要反映近年来我国活动断裂大比例尺填图和综合研究所获的最新成果, 涉及到断裂细结构和变形机制、分段性、滑动速率、古地震、强震重复间隔等方面的研究内容。同时还有关于活动断裂最新研究方法及活动断裂与地震危险性评估等方面的文章, 反映了我国活动断裂理论研究和实际应用方面的最新进展。

本书可供从事构造地质、地震地质、地球物理、工程地震和工程建筑的科技人员及有关院校的师生参考。

活动断裂研究

Research on Active Fault

《活动断裂研究》编委会

责任编辑: 朱向军

版式设计: 孔景宽

*

地震出版社 出版

北京民族学院南路 9 号

国防大学第一印刷厂印刷

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 13.5 印张 4 插页 342 千字

1991 年 12 月第一版 1991 年 12 月第一次印刷

印数 0001—1400

ISBN 7-5028-0573-7/P·385

(962) 定价: 15.00 元



《活动断裂研究》编委会

顾 问：丁国瑜

主 编：邓起东

副 主 编：汪一鹏

委 员：(以姓氏笔划为序)

丁国瑜 马宗晋 方仲景 王国治

邓起东 卢寿德 卢演侑 朱世龙

刘光勋 刘百箴 李裕彻 汪一鹏

时振梁 杨懋源 张宏卫 张培震

张裕明 聂宗笙 高维明 韩慕康

编 辑：朱向军 那 燕

活动断裂研究的进展和方向

(代序)

活动断裂一直是地球科学研究中的一个重要领域。这首先是因为活动断裂与灾害，尤其是地震灾害有着密切的关系。地震活动带的分布、中强地震的发生均与活动断裂有紧密的相关性，活动断裂带及其控制的区域构造活动特征是划分地震区、带和地震危险区、潜在震源区及确定其地震活动参数最重要的基础资料，也是在中、短期地震预报危险区中确定可能的发震构造和震源类型的一种重要手段。其次，活动断裂的存在还直接影响工程的安全，不论是断裂蠕动或突发错动都会给各种建筑物和构筑物带来破坏，并在一定的条件引发各种类型的次生灾害。活动断裂及其位错量的评估是工程和城市安全评估中的一个核心和重大的问题，一些重大工程，如水电、核电、地下管道等工程在进行建设前都要求进行活动断裂或能动断裂的鉴定和位错可能性的评估工作。不言而喻，在研究地壳动力学问题时，活动断裂的有关资料也是不可缺的，而且，由于活动断裂是地质历史中最新活动的产物，没有或很少经过后期改造，它是构造地质研究中最简捷、最直接的研究对象，其研究结果可以被直接应用于构造地质学变形理论和分析之中。所以，活动断裂研究一直受到各种国际地学组织及地球科学家和工程科学家们的高度重视，成为地球科学理论和应用研究中一个重要问题。在 80 年代的国际岩石圈研究计划中，活动断裂研究即是其中一项重要的研究内容，1990 年国际岩石圈委员会仍把它列为 90 年代国际岩石圈研究计划的重要内容。

活动断裂研究虽然早已被人们所重视，但长期停留在描述性和定性研究阶段。自 70 年代开始，由于它在地震和工程研究中的特殊地位，获得了飞跃的发展。70 年代初，R. E. Wallace 倡导利用断裂滑动速率进行大震重复间隔的研究，继而又提出利用断层崖形态剖面的变化研究古地震；70 年代中期，K. E. Sieh 首先利用槽探技术研究活动断裂全新世史前古地震；近年来，关于断裂分段性研究又将活动断裂工作推进了一步。这些工作使活动断裂研究从定性研究推进到了定量研究和更加实用化的阶段，取得了近年来地震科学研究中最令人鼓舞的突破性进展，并立即在世界许多国家得到推广和发展。目前，在各国进行的大型探槽和复合探槽工作即是古地震研究中更进一步的发展；从不同类型活动断裂的结构和活动习性出发，对断裂进行分段性的深入研究，并直接用来评估其地震危险性是正在研究的又一个重要理论和应用问题。与此相应，许多国家出版了活动断裂研究的专门研究成果。美国早在 1979 年即出版了加里福尼亚的活动断裂图；1980 年日本出版了日本活断层图集，1991 年又再版，内容更加准确和丰富；1986 年美国又出版了活动构造学一书，对活动构造，主要是活动断裂研究的理论和方法进行了总结；1989 年 3 月美国还专门召开了断裂分段性讨论会，对这一问题的重要性、研究理论和方法及今后的发展方向进行了讨论。

我国在活动断裂研究方面也已有几十年的历史。大规模研究工作是从 1966 年邢台地

震发生之后开始的,但70年代及其以前尚处在概略性和区域性调查阶段,重点在于确认活动断裂的存在及其分布,其主要成果体现在70年代完成的地震区划工作中,并最终形成了《中国活动构造和强震震中分布图》(1:300万,1976)、《中华人民共和国地震构造图》(1:400万,1979)和《中国活动断裂》一书(1982)。80年代初期,以1981年富蕴地震断裂带研究为标志,开始了活动断裂的综合专题研究工作,对这一条活动断裂的几何学、位移速率和古地震等问题开展了一系列定量研究工作。此后,在鲜水河断裂带、鄂尔多斯周缘活动断裂系、阿尔金断裂带、昌马断裂带和祁连山-河西走廊断裂带均相继开展了各种专题研究工作,已先后出版了《富蕴地震断裂带》(1985)、《鄂尔多斯周缘活动断裂系》(1988)和《鲜水河活动断裂带》(1989)等专著,并即将出版其他活动断裂带的研究成果。在此基础上,在IGCP第206项——全球主要活断层特性对比工作中,对我国郯庐断裂带等6条活动断裂的活动特性进行总结,并出版了《中国活断层图集》(1989)。80年代中晚期,我国开始组织对大陆地区主要活动断裂带进行大比例尺(以1:5万为主)地质填图和综合研究,这一工作是1983年从海原活动断裂带上开始的,经过几年的努力,于1989年出版了我国第一份活动断裂带1:5万地质图——《海原活动断裂带地质图》,1990年又出版了《海原活动断裂带》专著。在此基础上,国家地震局制定了活动断裂大比例尺地质填图工作大纲和图例(1989,1991),并开始在全国10余条重要活动断裂带上开展以1:5万比例尺为主的大比例尺地质填图和综合研究工作。其主要研究内容包括断裂几何学、运动学、古地震和大震重复间隔、断裂分段性及其与地震的关系等。在上述各项工作中,最重要的是对各种定量资料的大比例尺精细测绘及年龄测定工作。目前,这一工作正在进行之中,并已列入了国家地震局八五计划重点研究项目。相信经过一段时间,例如10年左右的努力,一定会取得一批高质量的研究成果。

综观近年来的世界和我国活动断裂研究工作,取得了以下重要进展:

(1) 把活动断裂研究的时间尺度由几十万年、几百万年发展到晚更新世10万年左右,尤其是全新世1万年左右的时间尺度。活动断裂的定义是在过去10万年以来有过活动,今后仍有可能活动的断裂。由于这一时间尺度更接近断裂的现代活动,其研究结果与地震危险性评估和工程安全评价结合得更加紧密;

(2) 活动断裂的研究已由定性研究阶段发展到定量研究阶段,对活动断裂不同方向的位移量和位移速率的研究使我们有可能定量地评估它的地震危险性以及对工程的危害程度;

(3) 对不同类型活动断裂几何学和细结构的研究使我们对地震发生的构造条件、地震破裂的起始和终止作用、地震类型和震源错动模式有了更加丰富的认识,从而有可能更好地确定强震发生的地点、强度和破裂类型。

(4) 关于古地震和大震重复间隔的研究使我们可以一个更长的时间尺度(1—3万年左右)内分析强震活动特点和趋势,而且,有可能对不同构造区和断裂带及同一断裂带不同地段的地震危险性进行评估;

(5) 断裂分段性研究使我们对断裂活动的不均匀性和重复破裂过程、未来强震发生的地点、震级大小以及不同断裂段的地震危险程度和工程地质条件有了更深入的认识;

(6) 在隐伏活动断裂探测方面已逐渐形成了以遥感地质、构造地质、地球化学、地球物理方法为手段的有效综合探测方法,后者如浅层地震探测和地质雷达探测等,在断裂最新活动区,结合浅钻和槽探,取得了较好的研究效果;

(7) 在活动断裂研究的基础上, 已对大陆内部构造变形和块体运动特征及其与地震的关系获得了初步的认识。

活动断裂大比例尺地质填图技术是融汇了构造地质、地貌(特别是微地貌)和第四纪地质学等多学科理论和方法的一种特有的综合填图技术, 它与一般区域地质测量的差别在于它更着重研究第四纪, 尤其是晚第四纪的地质作用和过程, 要求充分反映断裂在晚更新世、全新世和现代的活动特性及变形结果, 着重反映这一最新地质时期构造活动的各种几何学和运动学定量指标, 要求应用这一技术来取得地震预测和工程安全评价及地壳动力学研究所需要的各种定量资料, 并在此基础上进行地震危险性和工程安全评估。这一工作需要花费较多的时间和付出较高的劳动强度, 但显然它是进一步进行各项研究的最重要的基础和得到最可靠资料的保证。这一工作的开展将使我国活动断裂研究及其应用建立在更加深入、扎实的基础上, 从而会大大提高活动断裂研究的广度、深度和精度, 并提供更加全面、可靠和更加实用化的研究成果。所以, 在未来一定时期内, 我们应该把活动断裂研究的重点摆在大比例尺地质填图和综合研究上; 对一些断裂活动十分典型的地区, 或工作条件恶劣、出露不很清楚的地区则组织专题研究工作, 从而把大比例尺填图和专题研究结合起来, 以便在全国范围内取得不同研究程度的活动断裂全面研究成果。

不论是活动断裂大比例尺地质填图还是专题研究, 以下几个方面都应是其最主要的研究方向。

(1) 断裂几何学和演化历史的研究, 包括断裂带的细结构、构造组合、活动历史和演化阶段及其形成机制等仍然是一个有待进一步研究的问题。

不同类型的断裂带有不同的几何学特征。对于走滑断裂带来说, 断裂发展早期阶段常表现为不连续次级剪切破裂及阶区的拉分和推挤构造, 但最后会在阶区形成新的破裂而使全带成为连续的线性断裂, 这时, 阶区的拉分和推挤作用可能相继消失。走滑断裂尾端在大多数情况下形成张性构造, 但当尾端挤压区内存在合适的先存构造或相对软弱介质时, 尾端挤压构造就会形成。在走滑断裂两盘既可以因为应力场和应变场的四象限分布而形成横断型的正、逆断裂及相应的盆地, 也可以由于沿走滑断裂面的运动和同样的应力场和应变场分布而形成沿走滑断裂的四象限构造变形和地貌分布。所以, 沿走滑断裂带有不同类型的多种盆地, 拉分盆地只是其中最主要的一种。在拉张区, 存在非旋转平面状正断裂、旋转平面状正断裂、铲形正断裂和表现为低角度正断裂形式的滑脱断裂, 它们具有特有的几何关系和成因机制。在正断裂及其控制的地堑和半地堑盆地的演化过程中, 断裂活动在盆地主控断裂和非主控断裂(或次生断裂)带中具有不同的演化序列。对于逆断裂而言, 逆冲席体和断片与逆断裂型的滑脱断裂有着密切的关系, 并有背驮式和上叠式两种不同的演化序列, 不同类型的褶皱, 如断裂扩展褶皱、断裂弯曲褶皱和滑脱褶皱与它们有成因上的联系。压陷型盆地是受逆断裂控制的一种最典型的盆地。这些不同应力作用环境下的不同类型的断裂及其特有的构造组合, 既是研究地壳动力学问题的基础, 又是研究地震发震构造所需的基本条件。取得它们的各种定量参数是十分必要的。进一步研究自然界不同类型断裂特有的几何学和构造组合将为我们解决这些重要问题提供新的启示。

(2) 断裂带的破裂和位移性质、断裂位移总量、不同时期尤其是全新世断裂位移幅度和位移速率及其分布和差异。

总体来说, 活动断裂带的位移性质和破裂类型都与断裂带所经受的应力作用状态有

关，或拉张，或剪切，或挤压而表现为不同性质的断裂运动。但实际上，在一条断裂活动的总体背景上还可能复杂的变化，尤其是在走滑断裂带上，常见不同断层段出现正走滑和逆走滑的变化，甚至多次转换，其原因一方面与所处的构造部位有关，如一条逆走滑断裂在拉分阶区的剪切断层上常常转变为正走滑性质；另一方面，沿走滑断裂的枢纽运动也会产生正走滑和逆走滑的转化，而在枢纽轴部则更表现出强烈的挤压性质。不言而喻，在受逆断裂控制的不同类型的褶皱轴部会出现张性构造等等。目前，我们已经在若干活动断裂上查明了活动断裂的运动性质与先存断裂有很大差别，活动正断裂或走滑断裂是在前期逆断裂基础上发展起来的。这些问题均需一一加以研究。

活动断裂自形成以来的位移总量是另一个值得注意的问题。从目前已经研究的实例来看，这种量值可达数公里至数十公里。由于这是评价活动断裂的运动学定量指标之一，也是研究区域地壳动力学的重要基础资料，所以，需要分别加以研究。

断裂滑动速率是度量和评估断裂活动程度的一项重要指标，而且是求得大震平均重复间隔的基础资料之一，所以，它是活动断裂定量研究的主要内容。准确地测绘晚更新世以来不同时间段的断裂位移量，并精确地测定被错动地质-地貌体的年龄是获得断裂滑动速率的基础。多种绝对年代和相对年代测量方法可以综合加以应用。要重视的一个问题是断裂滑动速率无论在空间上和时间上都可能是不均匀的。在空间上，沿断裂不同地段的滑动速率可能不同；在时间上，不同地质时期断裂滑动速率也可能发生变化。这是一个值得注意研究的问题。已有的研究表明，板块边缘和板内块体边缘及板内块体内部活动断裂的滑动速率是依次减小的。但这只是一种总体的变化特征，对每一条活动断裂的具体特点及其变化则需要细致地加以研究。

(3) 断裂的活动方式、全新世断裂快速错动的历史、最后一次突发破裂事件的年龄、古地震及大震重复间隔。

众所周知，断裂活动主要有蠕动和粘滑两种方式。对粘滑断裂而言，在突发性快速错动时伴随着大地震的发生，所以特别引起人们的重视。其实，断裂的蠕滑活动也会造成不可抵御的破坏。可惜的是要象美国 San Andreas 断裂那样得到明确的认识并不是一件容易的事情。在我国，人们常提出在某些地区存在断裂蠕滑现象，如沿断裂产生地裂缝等等，但尚需细致地加以研究。在我国大陆内部，目前认识到粘滑型断裂是最主要的断裂活动类型，因为许多断裂的位移量大小常具有可公度性，而且多数已为存在古地震事件所证实。但对一条粘滑断裂来说，常常也会具有一定的蠕滑成分。所以，对一条断裂的活动方式也要从时间和空间角度去加以研究。

对粘滑断裂来说，全新世断裂快速破裂和突发位移的历史就是一幅地震重复发生的历史。古地震的构造、沉积和地貌等遗迹的研究为我们研究这一历史创造了条件。然而，目前有关古地震标志的认识仍在发展、鉴别之中，对不同类型断裂活动产生的特有的古地震标志尚需细心地加以研究，并且在应用过程要十分小心。现有的一些证据，如崩积楔、构造楔和充填楔等大多来自正断裂和走滑断裂，逆断裂的古地震研究还是一个薄弱环节。对一些典型活动断裂和典型地段重点开展详查，包括大型探槽和复合探槽的研究将可能提供更加准确的资料。而且，已有的古地震研究表明，一方面，大地震重复间隔可能是复杂的，不一定是同一时间长短的间隔简单地重复，而极可能是具有不同周期的复杂叠加，这在理论上符合不同的模式，特征地震模式只是其中的一种；另一方面，同一活动断裂带不

同地段的大震重复间隔也可能不同，这与不同断裂段滑动速率不同亦相呼应。所以，少量的不细致的工作往往不能揭示这一问题的全貌。另外，精确地测年也是研究这一过程的一个极为重要的问题。

为了评价一条活动断裂带的突发错动或地震危险性，除了获得正确的大震复发间隔以外，确定最后一次突发错动事件的年龄是重要的。大震复发间隔和最后一次事件至今的离逝时间的综合将会为我们评估当前的断裂错动和地震危险性提供最重要的资料。

(4) 断裂分段性问题，应注意从断裂几何结构和活动习性两个方面来进行分段性研究，以便评估不同断裂段的地震危险性。

断裂破裂尺度是复杂的，它既与所积累的应变能大小有关，又与可能允许破裂的范围有关。一次特大的地震，如8级以上地震，可能使一条一定规模的断裂带全部破裂，但相对于更大规模的整个断裂带而言，它可能只是其中的一个和几个段落。震级稍低的地震，如7级地震，更可能只是断裂的某些段落破裂。所以，断裂分段性研究提供了破裂单元划分的基础，破裂单元的大小则与地震震级相对应。因此，正确的断裂分段可以为定量地震危险性评估，包括震级和地点的评估提供重要的参数。

断裂分段的关键是确定具有持久性的分段界限区。一些断裂几何学特殊地段，如阶区、交叉和分叉点，地貌凸出体等及物质的不均匀性都可能构成分段的依据。然而，界限区的尺度问题是一个重要问题。地震越大，要求中止破裂的界限区的尺度也越大，过小尺度的界限区或过短的断裂段在限制破裂发展上是没有意义的。根据断裂活动习性进行分段是更加重要的一个方面。已有的研究表明，在一条断裂带上，某些几何段可能具有共同的活动习性，而与另一些几何段有所不同。这说明它们有不同的破裂和错动历史，其界限区可能是更加典型，并在尺度和构造意义上更加重要，因而具有持久性的几何学界限区。所以，从断裂不同段落的活动习性，如地震地表破裂及其位移的分布、滑动速率的大小、古地震复发间隔的差异来进行活动断裂分段具有重要的意义。

目前，断裂分段性研究还处在初期阶段，对走滑断裂和正断裂已经有了一些初步的认识，而对逆断裂分段界限区的标志还了解甚少。总之，目前的研究程度都很不够，在这方面都有待更加深入细致地进行工作。

(5) 利用活动断裂研究的定量资料，通过合理的模型和计算，定量评估活动断裂的地震危险性和对工程安全进行评价。

由于对活动断裂的研究进入了定量研究阶段，通过研究工作已经和正在取得各方面的定量资料，这为我们对地震危险性和工程安全进行定量评估提供了可能。目前，在这一方面正在从不同的角度进行尝试。总的来说，包括确定性方法和概率方法两类。一种发展的趋势是把二者结合起来，以其对未来的地震危险性和断裂定量活动的可能性及其不确定性进行合理的分析。

以上只是提及到活动断裂研究本身的一些问题，至于利用这些定量资料来进行区域构造和力学状态的研究当然是活动断裂研究的一种自然的发展，尤其是对板内大陆块体的运动学图象和动力学状态及其与地震关系的研究则是一个更加重要的问题。目前我们已经从不同侧面获得了一些重要的认识，今后，随着活动断裂定量研究的进展，一定会进一步获得新的成果。

总之，活动断裂研究已经和正在取得很大的进展，目前正在深入进行之中。我国活动

断裂研究正在通过大比例尺地质填图和综合及专题研究更深入地开展。由于前已述及的活动断裂研究在理论和实际应用中的重要意义，这一工作必将在实践中得到更大的发展。

为了推动我国活动断裂的研究，及时反映和交流我国在活动断裂研究方面的经验、认识和新的成果，并使它们在实际应用中及时加以推广，在国家地震局震害防御司的支持下，由国家地震局全国活动断裂大比例尺填图工作专家组负责编辑《活动断裂研究》这一系列出版物。初步计划每年出版一期，从而具有年刊性质。编委会由专家组成员并吸收各方面的专家组成。主编和副主编由专家组正、副组长邓起东和汪一鹏研究员担任。本出版物将及时反映我国在活动断裂大比例尺地质填图和综合研究中所获得的最新成果，但不限于这一方面，也将同时刊登在活动断裂各项研究中所获得的新的认识和新的发现，包括理论研究和应用研究方面的各种科学论文。在此，我们愿意更加强调，活动断裂定量研究与地震危险性和工程安全定量评估的理论、方法和研究成果是我们十分注意的一个方面。我们希望这一出版物不仅能得到地震学家、地球科学家们的关心，也能得到工程界的科学家和工程师们的关怀，以便使我国活动断裂研究能在理论和应用研究的结合中获得更快的发展。

愿这一出版物在广大作者和读者们的共同关心下办得更好。

国家地震局地质研究所

邓起东

1991.8.30

重点文章摘要

1. 新疆独山子-安集海活动逆断裂-褶皱带的变形特征及其形成机制

研究了独山子-安集海活动逆断裂的结构和分段性及逆断裂上盘独山子-安集海活动断裂扩展褶皱的变形特征,其地壳缩短量最大为 3.24km。

2. 新疆独山子-安集海活动逆断裂带晚第四纪活动特征及古地震

独山子-安集海活动逆断裂全新世断裂滑速率 $> 0.51\text{mm/a}$, 全新世中期以来发生过两次古地震事件, 大震重复间隔为 3000—4000a。

3. 山西五台山北麓活动断裂带

研究了五台山北麓活动正断裂带的几何学特征及晚更新世晚期以来的多期活动和位移速率。主要有 4 期活动, 其速率在 $0.5\text{—}1\text{mm/a}$ 之间, 沿断裂发现了两期古地震事件。

4. 北京延庆盆地北缘正断裂带姚家营地点的活动特征

槽探和构造地貌量测表明, 晚更新世晚期以来断裂带每次事件位移量从 $1.41 \pm 0.02\text{m}$ 减小到 $0.75 \pm 0.01\text{m}$, 并且由早期的脆性破裂形式转变为晚期的断裂作用引起的“似挠曲”变形形式。地震事件的平均重复间隔为 $5200 \pm 500\text{a}$ 。

5. 怀来-涿鹿盆地周缘的活动断裂及其基本特征

怀来-涿鹿盆地为一半地堑, 盆地北缘断裂晚更新世以来垂直位移速率为 $0.25\text{—}1.2\text{mm/a}$ 。该断裂可分为 5 段, 各段的活动是不均匀的。

6. 郯庐断裂郯城-新沂段活断层研究

郯城-新沂段活断层的最新活动时代发生在距今 3510—4960a 之间, 1668 年 8 级地震发生时本段断裂未发生破裂。全新世最大右旋水平位移量为 23m, 垂直位移量为 5m。

7. 活动断裂的定量研究与长期地震潜势的概率估计问题

根据活动断裂定量资料和实时概率方法, 提出了定量的或概率性长期地震预测的一种可能有效的途径。

目 录

天山南北缘活动构造及其演化·····	冯先岳等 (1)
新疆独山子—安集海活动逆断裂—褶皱带的变形特征及其形成机制·····	邓起东等 (17)
新疆独山子—安集海活动逆断裂带晚第四纪活动特征及古地震·····	邓起东等 (37)
可可托海—二台活动断裂第四纪活动时代研究·····	柏美祥等 (57)
香山—天景山断裂带的变形特征及走滑断裂端部挤压构造 的形成机制·····	闵 伟· 邓起东 (71)
滇西北洱源、三营盆地的基本构造特征与形成机制·····	韩竹君等 (82)
西秦岭北缘断裂带黄香沟断裂活动期次与地震复发周期·····	滕瑞增等 (96)
秦岭北缘断裂带晚第四纪活动特征及其古地震研究·····	张安良等 (105)
山西五台山北麓活动断裂带·····	刘光勋等 (118)
北京延庆盆地北缘正断裂带姚家营地点的活动特征·····	程绍平等 (131)
怀来—涿鹿盆地周缘的活动断裂及其基本特征·····	冉永康等 (140)
延怀盆地黄土窑—土木北西向断层存在与活动的地表表现·····	冉永康等 (156)
郯庐断裂带郯城—新沂段活断层研究·····	李家灵等 (164)
活动断裂与地震危险性	
断裂的定量研究与长期地震潜势的概率估计问题·····	闻学泽 (174)
研究方法	
断裂阶地水平位移量确定中的一个理论问题·····	程绍平 (184)
在活动断裂研究中构造地貌特征的测量·····	杨 喆等 (190)

CONTENTS

Active Tectonics of the Southern and Northern Tianshan and Its Tectonic Evolution	Feng Xianyu et al. (1)
Characteristics and Mechanism of Deformation Along the Dushanzi—Anjihai Active Reverse Fault and Fold Zone in Xinjiang	Deng Qidong et al. (17)
Paleoseismology and Late Quaternary Activity of the Dushanzi—Anjihai Active Reverse Fault Zone in Xinjiang	Deng Qidong et al. (37)
The Timing of Late Quaternary Activities Along the Keketuohai—Ertai Active Fault in Xinjiang	Bai Meixiang et al. (57)
The Deformational Characteristics of Xiangshan—Tianjingshan Fault and Mechanism of Compressional Structures at the End of Strike-slip Fault	Ming Wei Deng Qidong (71)
Basic Tectonic characteristics and Mechanism of Eryuan and Sanying Basins in Northwestern Yunnan	Han Zhujun et al. (82)
Relation Between Episodes of Faulting and Recurrence of Earthquakes Along the Huangxinggou Fault in the Northern Margin Fault Zone of the Western Qinling.....	Teng Ruizeng et al. (96)
Study on the Activity and Paleo-earthquake in the Fault Zone Along the Northern Margin of Qinling in Late Quaternary	Zhan Anliang et al. (105)
The North Wutaishan Piedmont Active Fault Zone in Shanxi	Liu Guangxun et al. (118)
Characteristics of the Active Normal Fault Zone Along the Northern Margin of Yanqing Basin at Yaojiaying in Beijing	Cheng Shaoping et al. (131)
Characteristics of Active Faults Around Huailai—Zhuolu Basin	Ran Yongkang et al. (140)
Existence of North—West Trend Fault and Evidence of the Fault Activity in Huangtuyao—Tumu, Yanhuai Basin	Ran Yongkang et al. (156)
Research on the Active Fault of Tancheng—Xinyi Segment in the Tanlu Fault Zone	Li Jialing et al. (164)
Problem on Quantitative Study of Active Fault and Probabilistic Estimation of Long-term Seismic Potential	Wen Xueze (174)
A Theoretical Problem in Determining the Lateral Displacement for the Faulted Terraces	Cheng Shaoping (184)
Measurement of Tectonic—geomorphic Features in Studying Active Fault	Yang Zhe et al. (190)

天山南北缘活动构造及其演化

冯先岳^① 邓起东^② 石监邦^①
李 军^① 尤惠川^② 张 勇^①
于贵华^② 吴章明^②

一、引言

天山横亘于新疆中部,山势雄伟,总的地势是西高东低,北陡南缓,平均海拔达4000m。在新疆境内天山长1700km,宽250—300km,是中亚最大的山系之一。

天山是夹于塔里木块体和准噶尔块体之间的一个地槽褶皱带,经历了复杂的构造演化历史。直到华力西运动,天山地槽才全部褶皱回返,于二叠纪末结束地槽生命。地槽期后,中新生代构造活动继续向外扩展,在华力西褶皱带外侧形成山前拗陷,堆积一套厚达万米以上的河湖相、山麓相碎屑岩建造和内陆氧化环境的含盐建造,并使这些堆积物形成年轻的褶皱构造带。直到现代这一构造活动仍在进行之中,因而在天山南北边缘形成独特的活动构造,它们主要表现为平行山体的多排背斜和逆断裂。本文拟在野外工作的基础上,对这些活动构造进行一些初步的讨论。

二、天山南北缘活动构造特征

天山南北两侧分别为库车和乌鲁木齐山前拗陷,由于受印度板块向北与欧亚板块碰撞和推挤的影响,天山迅速隆升,山体不断向南北两侧逆推,山前拗陷沉积中心逐渐向盆地方向迁移,在山前拗陷内依次形成数排背、向斜与断裂带。

1. 天山北缘活动构造

在天山北缘的乌鲁木齐山前拗陷内有三排背斜及逆断裂(图1)。

(1) 南部山麓背斜带:东起奇台,西至托斯台地区,南邻北天山华力西褶皱带。该带包括雅马里克、南玛纳斯和齐古三个背斜亚带,它们从东向西大致呈雁列排列,其组成地层为二叠系至下更新统西域组。背斜轴向平行于天山褶皱带的构造线方向,其形态为线状和短轴背斜,一般为南缓北陡的不对称褶曲。齐古构造轴向近东西,长15km,宽3—4km,核部出露侏罗系;两翼和围斜部分分别由白垩系、第三系和第四系下更新统组成。两翼不对称,北翼倾角30—56°,南翼为24—35°。东围斜以8—17°倾角向东南倾没,西围斜以2—8°向西倾伏。核部发育一条正断裂,断面南倾,倾角63°,最大断距

① 新疆维吾尔自治区地震局;

② 国家地震局地质研究所。

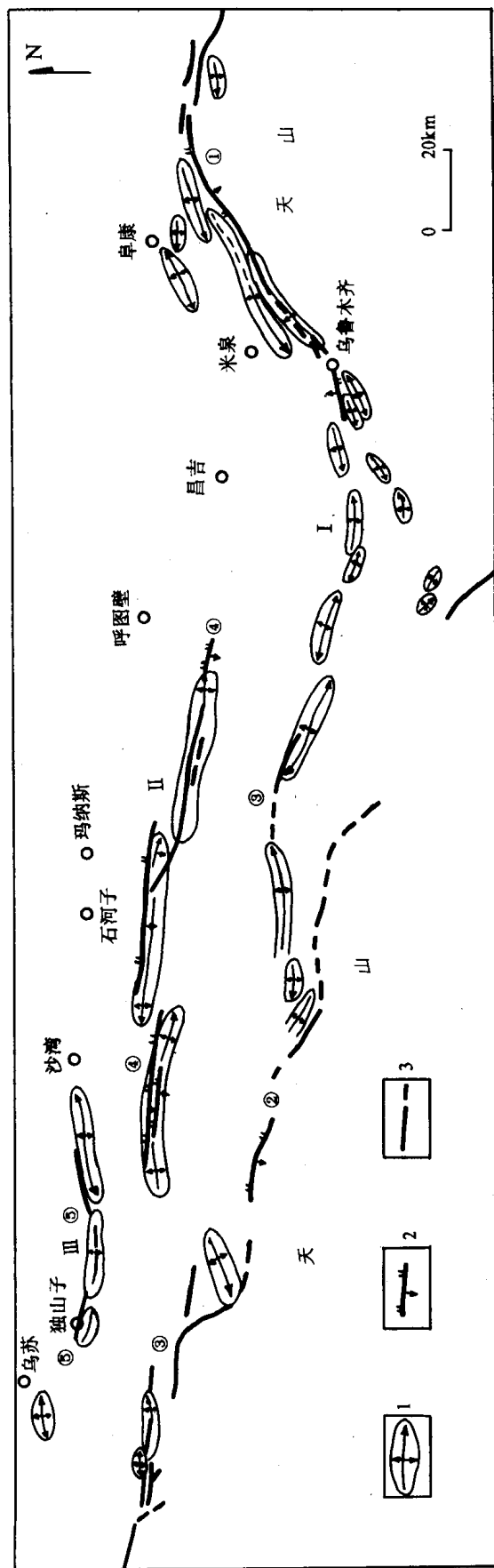


图 1 天山北缘地区构造略图

Fig.1 Simplified tectonic map of the northern margin of Tianshan

1. 背斜构造; 2. 逆断裂; 3. 断裂或推测断裂。I. 山麓背斜带; II. 玛纳斯背斜带; III. 安集海背斜带。

① 博格达北缘断裂带; ② 准噶尔南缘断裂带; ③ 南安集海-齐齐古断裂带; ④ 霍尔果斯断裂带; ⑤ 独山子-安集海断裂带

达 107m, 东西延伸约 9km。

(2) 玛纳斯背斜带: 即第二排背斜构造, 分布在呼图壁河至安集海河之间, 南以 20km 宽的向斜构造与南部山麓背斜带隔开。本带由霍尔果斯、玛纳斯和吐谷鲁三个背斜构造组成。背斜长、短轴之比为 7: 1 至 10: 1, 是典型的线状褶曲。核部出露最老地层为下第三系, 两翼由上新统和下更新统组成。背斜不对称, 南翼缓, 北翼陡, 且常有地层倒转现象。如玛纳斯背斜, 轴向近东西, 长约 45km, 南北宽 6km, 由第三系和第四系更新统组成, 北翼倾角 26° — 55° , 南翼 20° — 25° 。

(3) 安集海背斜带: 即第三排背斜, 位于呼图壁至乌苏之间, 包括独山子、哈拉安德、安集海背斜和呼图壁、西湖隆起, 向南与玛纳斯背斜带以一向斜分隔。背斜核部地层以独山子背斜出露最老, 为中新统塔西河组 (照片 1), 安集海背斜为上新统独山子组, 两翼为下、中更新统。构造形态为椭圆形, 轴向东西, 脊线有起伏, 形成若干构造高点。背斜不对称, 南翼缓, 倾角 26° — 30° , 北翼陡, 倾角 20° — 80° , 独山子背斜北翼地层甚至倒转。呼图壁和西湖隆起系由西域砾石层组成的潜伏构造, 在地形上为一明显的高地, 两翼地层倾角在 2° — 6° 之间, 潜伏构造长短轴之比接近 6: 1。晚更新世和全新世形成的河流阶地也发生拱形隆起, 说明该背斜带全新世还在活动。

本区断裂构造发育, 且多为发育于背斜北翼的逆断裂, 现对几条活动断裂带介绍如下:

(1) 博格达北缘断裂带: 该断裂是博格达复背斜与乌鲁木齐拗陷的分界断裂, 呈东西向波浪状展布, 切割石炭、二叠、侏罗和第四系。由水磨沟—白杨南沟和碗窑沟等断裂组成。前者总体以 65° 方向延伸, 断面南倾, 倾角 60° 左右, 破碎带宽 5—60m 不等。在白杨南沟见侏罗系逆冲在上更新统砾石层上, 全新世砾石层底部也被错开, 断距 0.2m (图 2), 并在 I 级阶地上形成高约 2m 左右断层崖, 坡向北, 主坡角 16° — 17° , I 级阶地 ^{14}C 年龄为距今 $2440 \pm 63\text{a}$, 所以, 断裂平均垂直滑动速率为 0.82mm/a , 水平短缩速率为 0.3mm/a 。1971—1989 年芦草沟跨该断裂精密水准测量表明, 其现代垂直活动速率为 0.03mm/a 。1965 年和 1982 年分别在该断裂上发生 6.9 和 4.1 级地震。

碗窑沟断裂走向 55° 左右, 倾向北西, 倾角 70° — 86° 。在红光山、七道湾乡二道湖村、碗窑沟煤矿、碱沟、芦草沟等地侏罗系逆冲到上更新统砾石层上 (图 3), 断层面附近砾石发生牵引和定向排列。根据新疆煤炭管理局钻井资料证实, 断裂两侧晚第四纪砾石层落差为 40—100m。1971—1989 年芦草沟跨该断裂精密水准测量表明, 现代平均垂直运

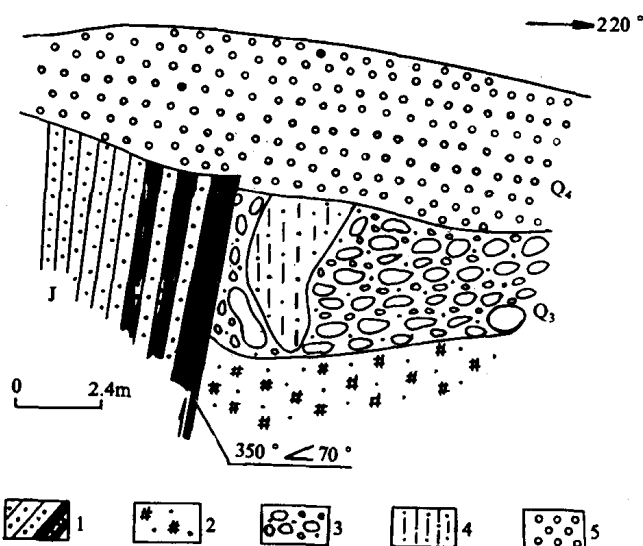


图 2 白杨南沟断裂剖面图

Fig.2 Cross-section showing the Beyangnan valley fault

1. 侏罗系煤系地层; 2. 破碎带; 3. 上新统卵砾石层;

4. 楔状堆积; 5. 全新统砾石层

动速率为 0.06mm/a 。

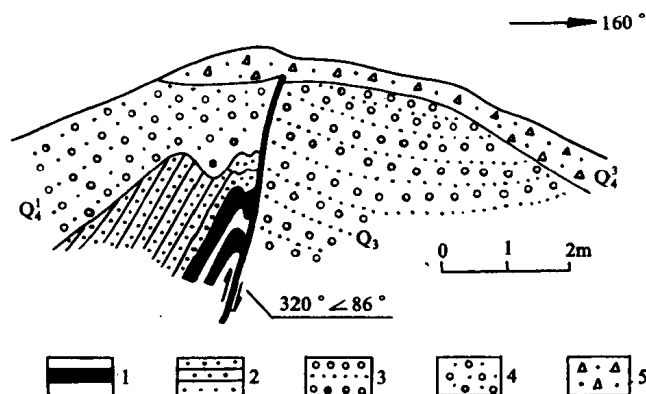


图3 红光山碗窑沟断裂剖面图

Fig.3 Cross-section showing the Wanyao valley fault

1. 侏罗系煤层; 2. 侏罗系砂岩; 3. 上更新统砂砾石层;
4. 全新统坡积砾石层; 5. 表土砾石层

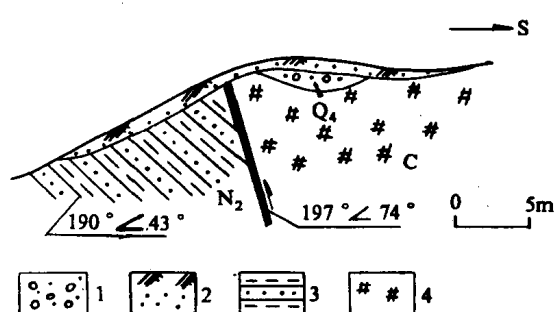


图4 巴音沟准噶尔南缘断裂剖面

Fig.4 Cross-section showing the southern Zhunger fault in Bayin valley

1. 全新世冲积砂砾石; 2. 全新世坡积层;
3. 上新统红色砂泥岩互层; 4. 石炭系破碎带

(2) 准噶尔南缘断裂带: 此断裂带是一条华力西期形成的断裂带, 为天山褶皱带和准噶尔地块的分界线, 控制着两侧地质构造和沉积建造, 新构造运动时期表现出强烈的逆断裂活动, 是一条倾向南, 长达数百公里的逆断裂。在巴音沟上游独子山—库车公路、奎屯河老龙口、四棵树河等地的断裂剖面上, 见石炭系逆冲于第三系砂砾岩和泥岩之上, 断裂走向 305° , 倾向西南, 倾角 74° 。断裂上盘石炭系为一宽近 1km 的破碎带, 带内有许多次级逆断层和挤压透镜体发育; 下盘上新世地层倒转, 产状为 $197^\circ \angle 43^\circ$ (图4)。沿天山北坡山麓线, 断层三角面发育。在沙里克台—温泉一带, 展布

与断裂带平行的断层崖, 长达 20km 。它错断了山前中更新世以来的各级冲洪积—冰水堆积台地和阶地, 地貌景观十分醒目。沙里克台断层崖走向 275° , 倾向北, 最大坡角 $15-19^\circ$, 崖高 5m 左右。向东至温泉一带, 断裂切割发育于晚更新洪积台地上的全新世年轻小冲沟, 形成高 1m 左右的断层崖。

(3) 南安集海—齐古断裂带: 分布于齐古背斜亚带的背斜轴部附近及北翼, 为与背斜轴向一致的走向逆断裂, 多数向南倾。如西山断裂, 分布于乌鲁木齐市西部老满城至硫磺沟以北一带的西山背斜南翼, 断裂走向近东西, 断面北倾, 倾角 $44-78^\circ$, 侏罗系西山窑组逆冲在第三系昌吉群砂岩、泥岩之上。在大泉沟、沙河子一带钻探资料证实, 断裂两