

文章编号: 1008—2786(2000)增—0073—05

帕米尔东北侧邻区第四纪新构造活动规律

白明洲, 王士天, 张元盛
(地质灾害防治与地质环境保护国家专业实验室, 四川 成都 610059)

摘 要: 帕米尔东北侧邻区新构造活动具有幅度巨大, 阶段性继承性明显, 现今活动性强烈等特点。以帕米尔高原隆升为背景, 研究了帕米尔东北侧邻区的新构造运动及地震活动的规律, 通过有限元数值模拟, 分析了第四纪新构造活动的应力场, 并进一步探讨了新构造运动与地震活动的力源机制。

关键词: 帕米尔; 新构造运动; 数值模拟

中图分类号: P541; P642 **文献标识码:** A

1 区域地质构造背景

研究区大地构造位置在青藏板块和塔里木板块之间碰撞汇聚接触带的西侧边缘, 喜马拉雅期以来, 由于两板块之间近南北向的挤压碰撞, 使得帕米尔继续隆起并呈弧形向北楔入, 该区呈现出大规模的差异性升降, 山前地带的新地层形成新褶皱构造, 逐渐形成以北北西和近东西向断裂构造为主的活动断裂构造体系。整个区域可分为两个一级构造单元: 1 塔里木板块, 2 青藏板块和四个二级构造单元: 1~1 塔里木陆块; 1~2 塔里木北缘陆缘活动带; 1~3 塔里木南缘陆缘活动带; 1~4 柯坪微地块(图 1)。

2 新构造运动的特点

研究区在新构造时期构造运动剧烈, 主要表现为: 1. 地壳差异性升降强烈, 从上新世末期至今南天山和西昆仑垂直升高在 3 km~5 km, 帕米尔地区>7 km, 塔里木西南部抬高 0.5 km~1 km, 近 30 年精密水准大地测量资料显示, 南天山升高速率 14 mm/a, 西昆仑是 10 mm/a, 塔里木西南是 2 mm/a^[3], 另据新疆地震局实测研究博古孜河的阶地有 5~7 级, 恰克马克河有 5 级阶地, 南天山发育多级夷平面, 山区河谷有多级基座阶地, 可见新构造时期研究区地壳垂直运动幅度巨大; 2. 活动性断裂构造发育, 主要活动断裂特征见(表 1), 区域性活断层的走向主要为 NNW 向, 近 EW—NEE 向和帕米尔前缘呈弧形展布的断层, NNW 走向的活断层为走滑或逆走滑活动性质, 近 EW 向活断层以逆冲活动性质为主, 研究区活断层的走滑活动总体以右旋走滑为主; 3. 活动褶皱构造在该区也很发育, 其主要特征在东西两侧略有差别。西侧在南天山和西昆仑之间的狭长地带内褶皱平面分布呈略向北凸出的弧形, 是由多个背斜构成的大型复式背斜体, 核部出露地层为白垩系和老第三系, 两翼主要由新第三系地层构成, 在背斜体南北两侧的山前复向斜中核部地层为 N₂₂—Q₁ 的砾岩层, 两翼为中, 上新统砾岩, 泥岩。该区东侧褶皱相对宽缓, 总体呈不对称的箱形构造形式。据新疆地震局测算, 阿图什背斜使地壳表面缩短 2.3 km。可见由于印度板块与欧亚板块的挤压碰撞造成帕米尔高原的隆升, 使研究区长期处于近南北向挤压应力作用下, 致使新构造运动幅度巨大。

收稿日期: 1999—11—15
作者简介: 白明洲(1968—), 男(汉族), 新疆乌鲁木齐人, 博士, 地质工程专业

3 新构造分区

根据研究区新构造活动特征,地貌分布等特点可划分出如下新构造单元(图 1)^[5]。

I. 南天山强烈隆起区: 新构造时期隆起幅度> 2.5 km, 并有从西向东变小的趋势, 是差异运动较突出的地区。带内活动构造多为北倾逆冲断裂, 依次向塔里木方向冲覆, 多呈东西—北东向展布。古生

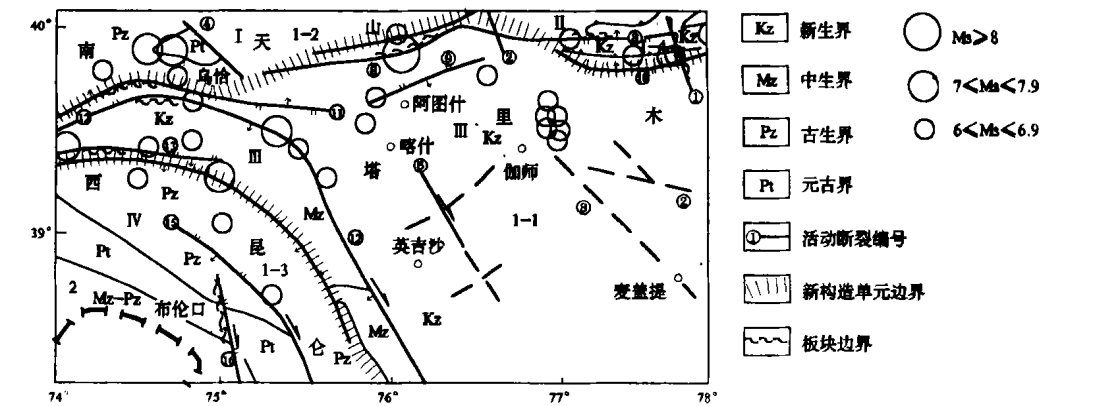


图 1 新构造单元及地震构造图(据新疆地震局)
Fig. 1 Neotectonic element and earthquake structure map

表 1 主要活动断裂基本特征表
Table 1 Basic characteristic of main active fault

编号	名 称	时期	长度 (km)	产 状	主要活 动性质	活动证据	地震情况
1	普昌断裂	Q ₄	80	NNW/90	走滑	错断全新统	中强地震
2	下苏洪断裂	Q	80	NW 25/ NE/70	逆走滑	错断第四系	
3	麦盖提断裂(隐伏)	Q					
4	乌恰东断裂	Q	> 100	NW/ NE/40~ 60	逆走滑		
5	羊达曼断裂(隐伏)	Q	50	NNW/90	右旋走滑	错断第四系	
6	巴什托普断裂 隐伏	Q					
7	布群卡拉塔克断裂	Q ₁	200	NEE/ NNW/ 60~ 80	逆冲	切割下更新统	
8	托特拱拜兹断裂	Q ₄	190	EW/ N/ 30~ 70	逆冲	错断全新统 1902 年 8.1/4 级; 1996 年 6. 7 级地震	
9	阿图什断裂	Q ₃	80	NE60/ SE/39	逆冲	错断阶地砾石 层	
10	柯坪断裂	Q ₄	300	EW/ N/ 30~ 60	逆冲	错断第三系	中强地震
11	乌恰南断裂	Q	> 150	EW/ N/ 40~ 50	逆冲	错断 Q ₁ 砾岩	中强地震
12	卡兹克阿尔特断裂	Q ₄	> 300	近 EW— NW/ S— SW/ 15~ 35	右旋逆走滑	错断 Q ₄ 地层	1985 年 7.1 级, 1987 年 6.0 级
13	乌赤别里克北支断裂	Q ₄	> 80	EW/ S	逆冲	有地震破裂	1974 年 7.3 级
14	乌赤别里克南支断裂	Q ₄	> 200	EW— NW/ S— SW	逆冲	有地震破裂	1944 年 7.0 级

1)隐伏活动断裂推测依据来源于参考文献 [1]
©1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://w

代为大陆边缘裂谷海区, 古生代末期闭合褶皱成山与塔里木陆块连为一体, 第三纪晚期接近夷平状态, 喀什运动后开始强烈抬升, 至今夷平面已抬升到 3 000 m~5 000 m。

II. 柯坪断块: 位于柯坪第四纪活动断裂以北, 是沿柯坪活动断裂翘起的断块, 新构造时期隆起幅度为 900 m, 与塔里木陆块地质结构相似, 在晚近时期遭受了强烈挤压, 中更新世以后与水平运动相关的褶皱运动及大规模的断块运动使该区由东南向西北呈阶梯状翘起, 幅度在 200 m~300 m, 基底上的盖层褶皱强烈, 发育有一系列东西走向南北排列的背斜山脉和向斜拗陷, 向北翘起的幅度逐渐减小。

III. 喀什拗陷: 塔里木陆块由于受印度板块往北推挤作用的影响, 陆块内部发生构造分异, 形成多个隆起和拗陷, 喀什拗陷是塔里木菱形陆块西隅的压性拗陷, 地表多被第四系覆盖。

IV. 帕米尔—西昆仑强烈隆起区: 位于研究区的西部, 隆起始于中新世, 北部较南部隆起幅度大, 新构造运动时期平均上升速率达 10 mm/a~13 mm/a, 上升幅度达 4 000 m~7 000 m。

4 地震活动规律与地震带

4.1 地震活动规律

地震活动是新构造运动最强烈的表现, 空间上研究区中强地震主要沿天山南缘和昆仑山北缘呈近东西—北东向分布, 6 级以上地震主要集中在北纬 $39^{\circ}\sim 40^{\circ}$, 小震活动和中强震具有相同的分布规律。地震活动受东西—北东向构造和北西向构造控制, 研究区内三个地震高发区是乌恰, 阿图什, 伽师。地震活动在深度分布上以浅源地震为主, 5 级以上地震震源多在 10 km~40 km 范围内^[3]。

研究区地震活动规律中最突出的特点是伽师邻近地区本世纪发生了两次 6 级强震群活动。1961 年的强震群发生在伽师县东北的柯坪活动断裂与普昌活动断裂的交会部位。1997 年的强震群发生在伽师县东北天山南麓山前冲洪积平原与塔里木盆地交接地带, 震源机制解显示震源断错以右旋走滑为主, 具有张扭特性, 强震群的震中范围内地表无明显断裂存在, 隐伏断裂有麦盖提断裂(推测断层, 新疆地震局杨欣等)羊达曼断裂, 巴什托普断裂等, 在空间位置上震群与麦盖提断裂接近。强震群的发生是一个极为复杂的过程, 受到该区地球动力学环境条件控制, 其中主要是区域构造应力场的作用方式, 活动断裂构造的发育分布特征和基岩岩性条件等。

4.2 地震带的划分

根据地震活动的时空分布, 活动断裂构造的空间分布, 地球物理场, 地壳结构等特征将研究区划分出阿图什—柯坪强震构造带和西昆仑北缘强震构造带。阿图什—柯坪强震构造带呈近东西向展布于塔里木盆地西北边缘, 新构造分区属南天山强烈隆起区及柯坪断块区, 该区新构造时期发生强烈的断块差异运动, 形成条带状的盆—岭相间的构造地貌格局, 该带 1892 年以来发生 $M_s\geq 5.0$ 级地震 75 个, 其中 6 级以上强震 15 个, 1961 年和 1997 年发生两次 6 级强震群活动; 西昆仑北缘强震构造带分布于塔里木盆地的西南边缘, 西段沿帕米尔高原北缘展布, 东段沿西昆仑延伸。该强震构造带 1928 年以来发生 4.7 级以上地震约 100 个, 其中 6.0~6.8 级地震 12 个, 7.0~7.4 级 3 个, 1985—08—23 乌恰南 7.4 级地震发生在卡兹克阿尔特逆断裂的弧顶部位, 该断裂 1978, 1987, 1993 年均发生过 6 级强震并有丰富的古地震活动遗迹, 是一个强震活动频度高, 震级大的地震构造带。

5 区域应力场的有限元数值模拟

为定量研究该区新构造活动的规律, 探讨地震发生的成因机制, 应用了有限元数值模拟分析的研究方法, 通过区域现今构造应力场的反演分析, 揭示新构造运动及地震活动的内在力学机制^[2]。

5.1 计算模型的建立

1. 计算范围: 考虑构造体系相对完整性, 模型包括了帕米尔向北楔入的尖端及其东侧邻区, $74^{\circ}\text{E}\sim$

77° E 37° N ~ 40° N; 2. 介质条件: 模型的介质类型包括两大类: 断层破碎带和相对完整的岩体, 断层破碎带依据断层的发育规模和活动强度分 4 个亚类; 完整岩体根据岩性和完整程度也分 4 个亚类, 各类介质的力学参数有明显差异; 3. 边界条件: 该区无地应力实测点, 据远场区应力实测值推断该区最大主应力力量在 10 ~ 15 MPa, 区内地震震源机制解很多, 反映出最大主应力优势方向为近南北到北北东向(图 2)。

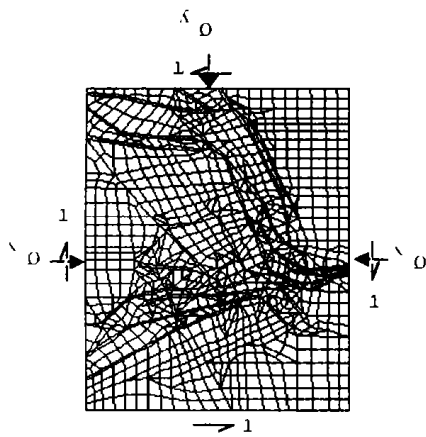
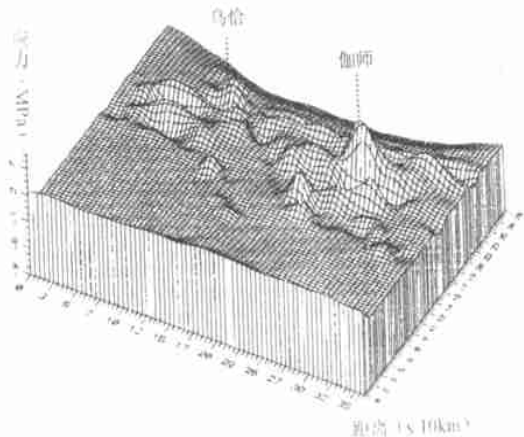


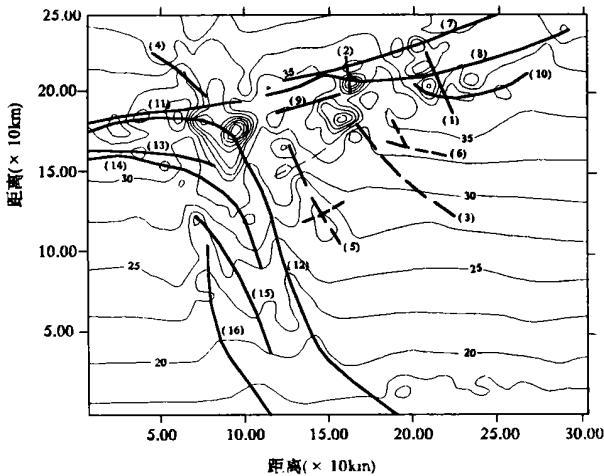
图 2 有限元计算模型
Fig. 2 Finite-element calculating model



(线性弹性计算结果, 考虑麦盖提断裂)
图 3 区域最大主应力(σ_1)透视等值线图
Fig. 3 Perspective drawing of isopleth of regional principal stress

5.2 应力分析

根据有限元数值模拟的计算结果作出最大主应力等值线图及最大剪应力等值线图等系列成果图件(图 3、图 4、图 5), 可以清楚的看到在伽师, 阿图什, 乌恰等地及柯坪活动断裂与普昌活动断裂交会处有明显的主压应力集中现象, 最大剪应力也有类似情况。考虑以上特征结合应变能密度分布特征等将研究区分为 3 种类型区域: 1. 高值复杂区: 包括伽师, 阿图什, 乌恰等地及柯坪活动断裂与普昌活动断裂交会部位等, 这类地区构造应力集中现象很明显; 2. 中等应力水平区: 包括卡兹克阿尔特断裂和乌赤别里克南支断裂之间的地区及羊达曼断裂和麦盖体断裂之间的地区; 3. 应力低值区: 包括乌兹别里克南断裂以南地区, 麦盖体以南地区, 乌恰南断裂西北地区。



(线性弹性计算结果, 考虑麦盖提断裂)
图 4 区域最大剪应力(τ)等值线图
Fig. 4 Isogram of regional greatest shearing stress

6 主要结论

1. 数值模拟研究结果显示了构造应力集中与地震活动的对应关系, 研究区新构造运动与地震活动的主要动力来源在于印度板块对欧亚板块的俯冲, 这种作用控制着中亚广大区域的应力—形变场。印度洋板块从白垩纪以来以 4 cm/a ~ 5 cm/a 的速度俯冲于欧亚板块之下^[5], 这种近南北向的相互挤压作用决定了研究区主压应力方向的近南北向, 从震源机制解, 形变测量, 新构造形

迹等方面的研究可以看到现今主压应力方向正是近南北向, 部分地区略向东北偏转, 即本区的现代和新构造时期的应力场主压应力方向与两大板块的相互作用方向一致。这种应力场的存在形式决定了研究区新构造活动的基本格局, 地震活动的规律及地貌发育的特点。

2. 通过数值模拟研究, 检验了推测的隐伏麦盖提断裂存在的可能性, 结果显示无论该断裂是否存在, 伽师震群区都有应力集中现象, 隐伏断裂的存在加剧了应力集中, 可见伽师强震群究竟由哪条断裂的活动形成还需深入研究。

参考文献:

- [1] 杨欣, 高国英. 1997 年伽师强震群序列特征和震源机制的初步研究[J]. 地震学报. 1998. (6). 573~579
- [2] 潘别恂, 黄润秋. 工程地质数值法[M]. 北京: 地质出版社. 1994. 182~191
- [3] 高国英, 等. 帕米尔地区地震活动及震源机制解的分布特征[J]. 内陆地震. 1997. (4). 302~308
- [4] 王士天等. 黄河龙羊峡电站区域构造稳定性的工程地质研究[J]. 地质学报. 1988. (4)
- [5] 冯先岳. 新疆古地震[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社. 1997. 93~112

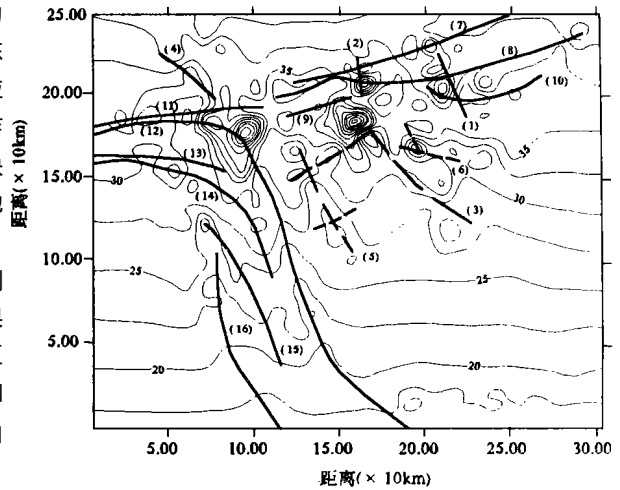
STUDY ON REGULAR PATTERN OF THE QUATERNARY PERIOD ACTIVE STRUCTURE IN PAMIER NORTHEAST VICINITY

BAI Ming-zhou, WANG Shi-tian, ZHANG Yuan-sheng

(National Laboratory of Geological Hazard Prevention, Chengdu 610059)

Abstract: Neotectonic movement in Pamier northeast vicinity is characteried by huge range, obvious stage and inheritance and volient contemporary activity. On the background of the Pamier Pateau swelling the regular pattern of Neotectonic movement and earthquake.. in Pamier northeast vicinity is studied. the Geostress field of the Quaternary Period Neotectonic movement is analysed through finite—element simulation and probed into the contributing factor of Neotectonic movement and earthquake.

Key Words: Pamier; Neotectonic movement; Numerical simulation



(线弹性计算结果, 不考虑麦盖提断裂)

图 5 区域最大剪应力(τ)等值线图

Fig.5 Isogram of regional greatest shearing stress