

基于 GPS 研究天山西南地区现今应变场特征^{*}

李 杰¹, 刘代芹¹, 王 琪², 王晓强¹, 帕尔哈提·再努拉¹

(1. 新疆维吾尔自治区地震局, 新疆 乌鲁木齐 830011; 2. 中国地质大学(武汉)
地球物理与空间信息学院, 湖北 武汉 430070)

摘要: 利用 1992 ~ 2012 年多期境内外天山西南地区 GPS 观测数据, 计算得出天山西南及帕米尔地区现今构造变形运动速度场, 并计算给出了研究区内最大主应变、剪应变率和面膨胀的分布情况。结果表明: 在西天山地区受印度板块西构造结挤压作用下, 帕米尔高原快速向北俯冲, 造成天山沿这一经度带发生了强烈的地壳缩短; 盆—山结合带的变形大于山体内部变形, 形变幅度最大的地方往往就是历史上多次发生 7 ~ 8 级大震的地方; 天山主压应变方向随经度增加逐渐由北北西向转向南北及北北东向, 基本上与天山山脉走向垂直; 主压应变较大的地区集中在西天山南北褶皱带上, 最大剪应变率位于西天山南缘与帕米尔高原及西昆仑结合部, 高值区是强地震的主要分布区。

关键词: 天山; GPS; 运动速率; 应变特征

中图分类号: P315.72

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2014)02-0197-07

0 前言

新生代以来, 受印度板块与欧亚板块在喜马拉雅地区碰撞及持续挤压楔入的远场影响, 以及塔里木块体和准噶尔地块的近场汇聚的双重作用, 天山造山带重新活动, 发生陆内造山运动, 以山体向南北两侧的盆地双向逆冲及天山地壳缩短变形为主要变形特征 (Molnar, Tapponnier, 1975), 在南北两侧盆山交界部位形成多排褶皱逆冲带 (冯先岳等, 1991; 管树巍等, 2007)。作为世界上最为活跃的陆内造山带之一的天山造山带, 南北地块的会聚不仅导致山体抬升、盆地沉陷, 特殊的构造环境还极具孕育大震发生的条件。在帕米尔快速北向俯冲的作用和塔里木盆地顺时针旋转推挤的过程中, 距离印度板块西构造结最近的天山西南地区的构造变形最为强烈 (张培震等, 1994; 邓起东等, 2000; 杨少敏等, 2008)。沿盆山界线天山地区有历史记录的 7 ~ 8 级大震多发生在此类构造部位 (王晓强等, 2007), 如 1902 年阿图什 8 $\frac{1}{4}$ 级地震, 1985 年乌恰 7.4 级地震等。因此研究天山两侧盆山结合部

位的地壳形变、应变分布情况对于地震研究具有极其重要的意义。

利用 GPS 对天山地区构造演化进行研究, 前人已经做了许多工作 (Abdrakhmatov *et al.*, 1996; 王琪等, 2000; Alexander *et al.*, 2010), 取得了丰富的研究成果, 积累了宝贵的观测数据。但相对于天山西南地区的广袤, GPS 站点数量仍显稀疏, 这些研究对天山西南地区构造变形的活动特征尚缺乏足够约束, 山盆结合带的细观变化仍显粗糙, 不利于对断裂变形活动模式的精细化及地震危险性的研究。鉴于此, 在“中国地壳运动观测网络” (CMONOC) 的基础上, 我们在天山西南地区又加密布设了近 70 个 GPS 测点, 现已有多期观测资料。本文对该区域 GPS 监测网十多年的观测数据进行处理分析, 对天山西南地区的构造活动进行研究, 以探求其变化规律。

1 GPS 资料处理

天山地区 GPS 观测从 1992 年开始, 至 2012 年共收集到境内 20 期 GPS 观测资料 (李杰等, 2012)。通过与吉尔吉斯国际地球动力学研究中

^{*} 收稿日期: 2013-04-08.

基金项目: 国家自然科学基金 (41374030)、地震科技星火计划项目 (XH1030)、地震科学联合基金 (A08056) 和新疆维吾尔自治区自然科学基金 (2012211B56) 联合资助。

心、哈萨克斯坦地震研究所合作, 收集到 1998 年至今的境外天山 GPS 流动观测资料和固定站资料; 通过美国 UNAVCO (University Navstar Consortium, 导航卫星应用大学联盟) 收集到 1994 ~ 1998 年的 GPS 资料。获得的 440 个 GPS 观测站资料已覆盖整个天山西南全境及帕米尔高原广大地区 (杨少

敏等, 2008; 王晓强等, 2005, 2007, 2009; Alexander *et al*, 2004, 2010; 牛之俊等, 2007)。其中境内数据新疆地震局与中国地震局地震研究所合作在南天山埋设的加密点共计 60 个、“网络工程”、“陆态网络”在南天山地区埋设 91 个、吉尔吉斯斯坦与哈萨克斯坦埋点 289 个 (图 1)。

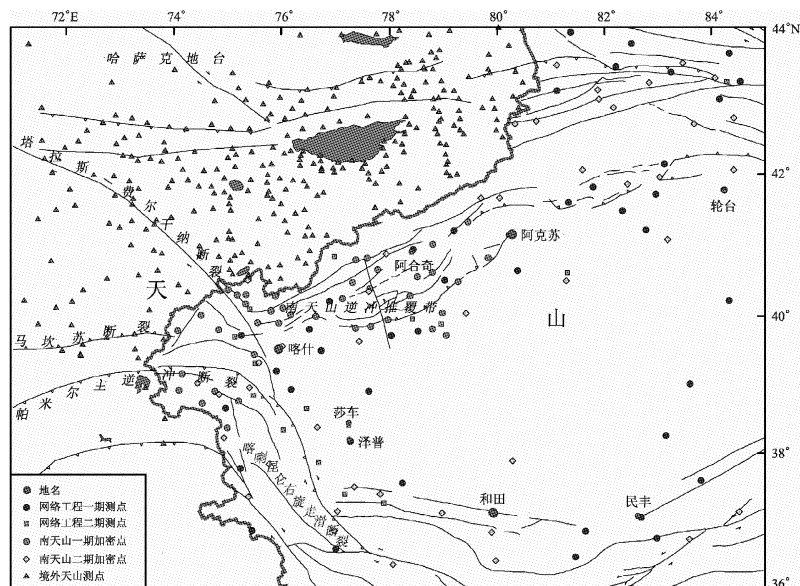


图 1 天山西南地区 GPS 点位分布图

Fig. 1 Distribution of GPS sites in west-southern Tianshan Mountain area

数据处理采用 GAMIT/GLOBK 软件包, 主要分 2 个步骤完成。第 1 步, 首先应用 GAMIT 进行单天 24 小时单时段解, 由于资料时间跨度太大, 在杨少敏等 (2008), 王敏等 (2005) 研究的基础上, 对资料进行分类区别: 对 1994 年前后的数据处理时将全球 IGS 站纳入整网计算, 即将全球分布的 20 ~ 40 个固定站与天山地区测站资料联合处理, 依据其统计特征加权约束一同解算, 尽可能多地组成双差观测并改进轨道, 提高解算精度; 1996 年以后由于卫星改进, IGS 测站数目增加, 处理时则将天山地区流动站与中亚周边地域的 IGS 站联合处理, 以便维持区域与全球框架的统一。最终得到各单天时段 H 文件解。第 2 步, 整合区域站 H 文件和 SOPAC (Scripps Orbital and Permanent Array Center) 产出的全球 H 文件, 得出多天整体解。然后确定参考框架, 求出速度场。

从构造活动上来讲, 天山地区变形与构造机理完全来源于印度块体与欧亚大陆的碰撞, 因此在利用 GPS 进行天山及邻区构造运动与地壳形变

研究时, 必须考虑到以刚性的哈萨克地台及东部的稳定的西伯利亚地块作为地壳运动的参考基准 (Kogan *et al*, 2000), 因此本文选择研究区域内合理分布并且结构稳定的 IGS 测站, 在 ITRF2005 框架坐标及速度场基础上扣除每个 GPS 测站在欧亚大陆下的刚性旋转部分的运动速度, 得到 1992 ~ 2012 年天山及邻区相对于稳定的欧亚大陆的速度分布。GAMIT/GLOBK 软件处理得到的境内外天山及邻区的 GPS 速度场精度较高, 测站平均位移速率精度误差在 0.3 ~ 2 mm/a。

2 现今地壳变形

天山西南地区的地壳形变结果表明天山的形变特征以南北向挤压缩短为主, 与前人研究结果近似 (王琪等, 2001; Reigber *et al*, 2001), 但观测时间拉长、观测期数增多, 因此观测精度较以往要优 (图 2)。帕米尔、天山的构造活动离不开印度板块西构造结近 35 mm/a 的速率向北推移的

强运动背景的影响 (Argus *et al.*, 2010)。点位运动速率表明, 在直线距离不超过 250 km 的区域内, 天山西南地区最强烈的地壳缩短就发生在位于帕米尔高原区域向北到达斜切西天山的塔拉斯—费尔干纳右旋走滑断裂西侧的费尔干纳谷地, 其速率变化由 22 ~ 25 mm/a 迅速减为 8 ~ 10 mm/a, 1992 年“8·19”苏萨梅尔 7.5 级地震就是发生在这一快速缩短区域。

在帕米尔高原的北向推挤和塔里木盆地的顺时针旋转的双重作用下, 天山的地壳形变以区域划分, 并不整体一致。沿帕米尔主逆冲断裂向东到达莎车、泽普一线为界, 界线以南各 GPS 点位运动速率 22 ~ 25 mm/a, 向北至费尔干纳盆地南缘至阿合奇一带, 速率消减为 8 ~ 12 mm/a。天山西南地区东部, 从阿克苏至轮台一线的天山中南部地区点位运动年平均速率约为 12 ~ 13 mm/a, 相对喀什坳陷地区的运动速率大为减弱, 说明远离帕米尔高原碰撞的直接影响, 天山在这一地区的构造运动动力来源为塔里木块体的顺时针旋转的北向分量, 越过中部天山抵达新疆境内伊犁盆地, 平均运动速率降至 6 ~ 8 mm/a。研究区东侧 GPS 点位运动幅度整体小于西部各点, 运动方向也由西部地区的北北西向转为北北东方向。环塔

里木盆地及塔里木块体内部的 GPS 点位运动速率, 南北向位移从西部地区的平均 20 mm/a (76.5°E , 39.0°N), 向东逐渐降低到 10 ~ 11 mm/a (84.0°E , 39.0°N), 而在经度方向上运动速率基本保持一致, 反映出现今塔里木块体相对欧亚大陆顺时针旋转运动。通过求解塔里木块体相对哈萨克地台的欧拉极为 (97.13 ± 0.17) $^{\circ}\text{E}$, (38.56 ± 0.05) $^{\circ}\text{N}$, 角速度为 (0.66 ± 0.01) $^{\circ}/\text{Ma}$ 。

中亚境外天山 GPS 测点集中分布在吉尔吉斯斯坦沿天山全境、哈萨克斯坦大部分地区, 塔吉克斯坦也有少量点位分布, 主要沿天山走向展布。沿吉尔吉斯山从东向西, GPS 点位运动速率呈现出东强西弱的变形趋势, 与新疆境内天山的西高东低的形变特征截然相反, 以东经 (77 ± 0.5) $^{\circ}$ 为界, 形成明显的“菱形”分布。天山西南柯坪塔格推覆褶皱带上各 GPS 点以近 18 mm/a 的运动速率向哈萨克地台运动, 穿越南天山中部后抵达伊塞克湖附近。点位速率在保持运动方向不变的情况下缩减至 4 ~ 5 mm/a, 抵达阿拉木图坳陷后速率基本为 1 ~ 2 mm/a。位于天山中西部地区的 GPS 运动速率在经过南天山山盆褶皱—逆冲带、天山山体褶皱带、及位于北纬 42° 的天山北部逆冲断裂带及其众多发育规模不大的逆冲层吸收后, 速率由

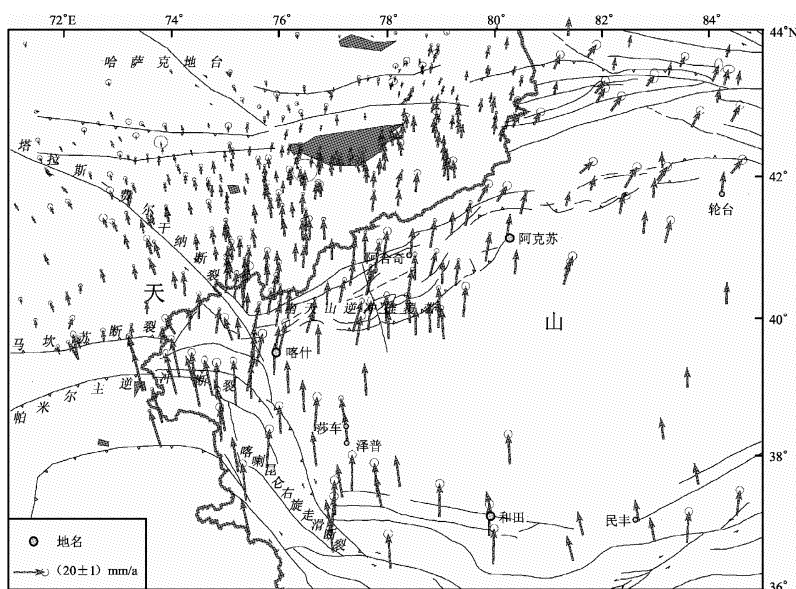


图2 西南天山地区相对稳定欧亚大陆的水平运动速度场 (箭头表示运动速率大小和方向, 误差椭圆代表 95% 置信度)

Fig. 2 Horizontal movement velocity field in west-southern Tianshan Mountain relative to stable Eurasia plate (the arrows show the movement rate and its orientation with the error ellipse at the 95% confidence level)

原 22 ~ 25 mm/a 降低到 1 ~ 2 mm/a。

在南天山西段, 接近主帕米尔逆冲断层及喀喇昆仑右旋走滑断裂附近的 GPS 点位运动速率超过了塔里木盆地内部的 GPS 运动速率, 最大达到 22 ~ 24 mm/a。在越过马坎苏断层接近费尔干纳盆地后 GPS 点位速度值迅速下降至 3 ~ 5 mm/a, 越过天山后到达哈萨克地台, GPS 点位呈现出低速、稳定的运动趋势, 反映出稳定的哈萨克地盾类似与塔里木块体, 具有内部不变形、坚硬、稳定的特征, 从历史地震活动性分布上也可以说明这一特征。

在南天山逆冲推覆带、塔里木盆地西北缘与帕米尔弧形构造区域东侧所围地区形成了构造运动最为突出、地震活动最为密集的喀什坳陷区。由于该地区为三大构造体系交汇处, 每年吸收来自南部地区的 GPS 速率差达到 10 ~ 16 mm/a, 快速的地壳缩短使得该地区地震活动具有发生频度高、强度大的特点。

3 最大主压应变分布特征

从天山西南地区最大主应变分布 (图 3) 来看, 其应变值与大陆应变值数量级一致, 为 10 ~ 8/a。从分布上来看, 天山主压应变方向基本与天山山脉走向垂直, 随经度增加逐渐由北北西向转为南北及北北东向。最大主压应变集中区为西天山南缘与帕米尔高原及塔里木盆地北部结合带上, 历史上几次著名 7 ~ 8 级大震基本上发生在这些地区, 如 1902 年阿图什 8 级地震发生在南天山南侧与塔里木交汇的地方。而以沉积层巨厚、刚性特征著称的哈萨克地台、塔里木块体其内部主应变都很小, 较高值基本位于盆山结合部位。可以认为, 刚性的塔里木盆地块体充当了天山抬升降起的直接作用源, 而其本身则基本不变形。

随着经度增加, 受到帕米尔高原正向南北推挤的作用减小, 天山西南地区逐步远离动力源, 且塔里木顺时针旋转的推挤作用随着接近欧拉极也趋于变缓, 因此研究区东部的主压应变与西天山地区相比, 无论在方向还是数值上都有差异。研究区东部 (79°E ~ 85°E) 阿克苏至库尔勒段其方向接近正南北向, 表明天山直接受塔里木盆地向北俯冲的挤压影响, 造成南北向受力的特征。

西天山地区主压应变值最大, 在喀什坳陷至帕米尔主弧形断裂区域主压应变方向为北北西, 为极值区。由于帕米尔地区距离印欧板块碰撞边界带距离只有 400 km, 直接受到来自印度板块的北向推挤, 其构造变形在此处最大。而喀什—乌恰交汇区由于地处南天山、塔里木、帕米尔 3 个构造单元的结合部, 其主应变与东部相比量值增大了 1 倍, 而这一地区正是南天山逆冲断裂最发育的部位, 较强的南北向挤压应变与天山南缘的变形活动相对应, 使得该区域成为近期中强地震活动的主要集中地, 如 2003 年 12 月 25 日乌恰 6.8 级地震, 2008 年 10 月 5 日乌恰西的 M_s 6.8 地震等。越过西天山南缘进入吉尔吉斯山后, 主压应变方向由北北西逐渐转为北北东。在塔拉斯—费尔干纳谷地, 其主压应变均匀分布且量值最小, 体现出谷地具有的刚性特征。

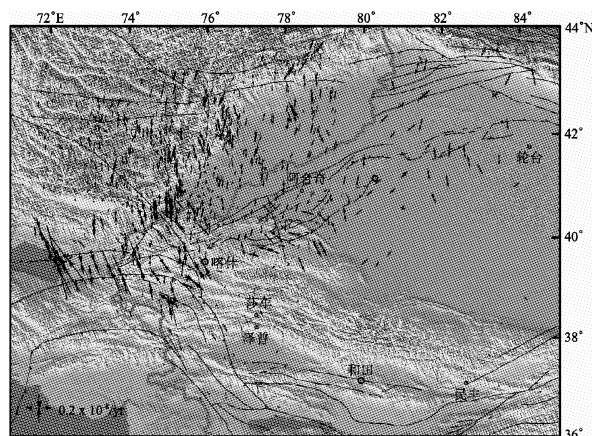


图 3 天山西南地区最大主压应变分布

Fig. 3 Distribution of maximum principal compressive strain rate in west-southern Tianshan Mountain area

印度板块的向北推挤与欧亚板块的反向作用决定了天山构造运动和应力场的分布。根据天山北部中强地震震源机制解资料所反映出的区域构造应力场主压应力 P 轴为近南北向, 天山地区的 P 轴方位为 $(170 \pm 10)^\circ$ (徐纪人, 赵志新, 2006; 龙海英等, 2008)。世界应力图组织 (www.world-stress-map.org) 利用震源机制解描绘出天山南北两侧逆断裂的 P 轴方位在东天山地区为北北东, 西天山为北北西。对于西天山至帕米尔—兴都库什、喀喇昆仑一带, 根据该地区 1968 ~ 1982 年间的 5 级以上地震 P 波初动解 (Ni, 1978; 宁杰远, 臧

绍先, 1990), 得知这些地区的P轴方位大多位于南北向和北北西方向。因此通过地球物理资料得出的天山地区主压应力与GPS推算出天山及中亚地区的主应变方位具有一致性。受压应力的主导作用, 伴随剪切应力, 天山的拉张效应微弱。利用地震资料推断构造应力场, 从地震处于地表以下几十公里来说, 其应力场应该代表了地壳内部中下地壳和上地幔的应力状态, 而GPS速度场推算得到的则是地表或上地壳的应变结果。对于不同机制得出的近似结果, 一方面说明, 天山地区岩石圈上地幔至地表的应力应变场具有一致性特点, 另外也可以表明地震研究与GPS形变在构造应力场上可以互补, 二者具有良好的一致性(张国民等, 2004)。

4 最大剪应变率、面膨胀分布特征

剪应变是指断层上下两盘做相对运动时, 位于断层带内的各点平行于断层走向产生位移所做的剪切运动, 表现为上下两盘在地应力作用下作剪切变形。随地壳应力不断积累, 剪应变也将持续变大, 当其数值超过断层岩石的抗剪能力时, 断层发生错动, 引发地震。因此应用剪应变率对地震的发生与预判是现在地震监测预报工作中的一项重要内容(江在森等, 2003)。天山西南地区最大剪应变率集中在天山及其盆—山结合部位, 剪应变率最大的区域是帕米尔高原与天山西南交汇地区(图4)。位于喀什拗陷北缘的南天山褶皱

逆冲断裂带附近则相对量级较小。根据江在森等(2003)的研究, 1995年以来大部分6级以上的地震都发生在剪应变高值区或者边缘区。1999年9月21日台湾集集 $M_s7.6$ 地震, 发生在水平剪应变高值区; 2001年11月14日昆仑山口西8级地震, 也发生在面膨胀率和最大剪应变率高值区边缘(Lin *et al.*, 2001)。根据新疆地震目录统计, 这些高值区是强地震的主要分布区, 也是判断地震危险性的主要依据。而相对稳定的塔里木块体哈萨克地台剪应变率值则仅为 $(0 \sim 2) \times 10^{-8}/a$ 。在这些刚性特点突出的地块上, 基本少震或无震。

天山及邻近地区的面膨胀率分布显示(图5), 区域地壳的伸展与压缩特性展示的十分清晰。负值表示该区域地壳水平缩短(垂直增厚), 正值表示地壳水平拉张(地壳变薄)。从整体面膨胀率分布可以看出, 研究区域在南北双向挤压作用下整体收缩变形、垂直隆升, 从东部到西天山地区的阿赖山, 天山整体上收缩变形。与GPS速度场反映出的地表形变基本一致, 水平方向上面收缩率最大值出现在帕米尔主逆冲断裂南北两侧与天山正向挤压的结合部位。作为距离欧亚印度板块碰撞边界带距离最近的地区, 受到印度板块的向北强烈推挤作用而发生明显收缩变形。在帕米尔弧东南侧与喀喇昆仑山结合部位出现一个膨胀拉张区域, 与帕米尔弧快速前冲, 而其东西两侧在塔什库尔干盆地内部出现具有拉张和走滑性质的正断层符合的很好。南天山柯坪塔格推覆构造系南部也存在一个很小的拉张区域, 与其东部库车坳

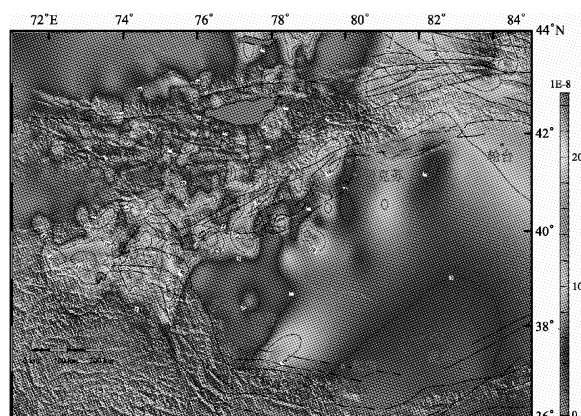


图4 天山西南地区最大剪应变率分布

Fig. 4 Distribution of maximum shear-strain rate in west-southern Tianshan Mountain area

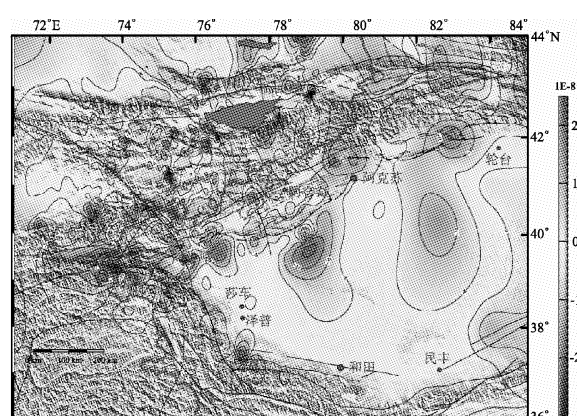


图5 天山西南地区面膨胀率分布

Fig. 5 Distribution of superficial expansion rate in west-southern Tianshan Mountain area

陷隆起相呼应。从大范围来看,夹在塔里木块体、准噶尔地块、哈萨克地台中间的天山正在经历着收缩隆升的变形。其南北两侧的具有刚性特点的地块面膨胀值以 0 为主,反映出三大地块在构造活动中的完整性和不活动性。因为从历史地震目录统计看,这几个区域内部地震活动较少,大量的地震都发生在山体内部或者山—盆交界地带。由区域垂直运动速率梯度结论也可以得知,天山现今隆升速率远大于其两侧的盆地,局部隆起速率超过 10 mm/a,两侧盆地则表现出沉降下陷的运动趋势(王晓强等,2007)。

5 结论与讨论

受印度板块向北推挤碰撞的作用,天山的变形以南北块体夹击山体抬升缩短变形为主,汇聚速率集中在山体两侧,盆山结合带的变形大于山体内部变形,形变幅度最大的地方往往就是历史上多次发生 7~8 级大震的地方。表明在西天山地区受印度板块西顶角作用,帕米尔高原的快速向北俯冲造成天山在这一经度地区发生了强烈的地壳缩短。随着向东伸延,天山远离帕米尔高原碰撞的直接影响,在这一地区的构造动力来源为塔里木块体的顺时针旋转的北向分量。天山从西到东逐步远离板块边界,推挤作用力逐渐减弱,天山的褶皱变形相应趋缓。

天山主压应变方向随经度增加由西向东逐渐由北北西向转向南北及北北东方向,基本上与天山山脉走向垂直。主压应变较大的地区集中在西天山南北褶皱带上,最大值位于西天山南缘与帕米尔高原及西昆仑结合部,历史上几次著名的 7、8 级大震基本上也都是发生在这些地区。天山及邻区最大剪应变率集中在天山及其盆山结合部位,最大值分布在帕米尔高原与西南天山交汇地区,高值区是强地震的主要分布区,也是判断地震危险性的主要依据。而相对稳定的塔里木块体、哈萨克地台剪应变率值则仅为 $(0 \sim 2) \times 10^{-8}/a$ 。在这些刚性特点突出的地块上,基本少震或无震。天山地区整体面膨胀率分布表明,受到南北地块双向挤压作用下天山整体上收缩变形垂直隆升。

参考文献:

邓起东,冯先岳,张培震,等. 2000. 天山活动构造[M]. 北京:地震出

版社.

- 冯先岳,邓起东,石监邦,等. 1991. 天山南北缘活动构造及其演化[J]. 活动断裂研究, (1): 1-16.
- 管树巍,李本亮,何登发,等. 2007. 晚新生代以来天山南、北麓冲断作用的定量分析[J]. 地质学报, 81(6): 726-744.
- 江在森,马宗晋,牛安福,等. 2003. GPS 技术应用与中国地壳运动研究的方法及初步结果[J]. 地学前缘, 10(1): 71-79.
- 李杰,王琪,王晓强,等. 2012. 南天山—帕米尔现代地壳形变特征与应变场分布[J]. 大地测量与地球动力学, 32(1): 1-4.
- 龙海英,高国英,聂晓红,等. 2008. 北天山地区中强地震震源机制解分析[J]. 中国地震, 24(1): 23-30.
- 宁杰远,臧绍先. 1990. 帕米尔—兴都库什地区地震空间分布特征及应力场特征[J]. 地球物理学报, 33(6): 657-669.
- 牛之俊,游新兆,杨少敏,等. 2007. 利用 GPS 分析天山现今地壳形变特征[J]. 大地测量与地球动力学, 27(2): 1-9.
- 王敏,张祖胜,许明元,等. 2005. 2000 国家 GPS 大地控制网的数据处理和精度评估[J]. 地球物理学报, 48(4): 817-822.
- 王琪,丁国瑜,乔学军,等. 2000. 天山现今地壳快速缩短与南北地块的相对运动[J]. 科学通报, 45(14): 1543-1546.
- 王琪,张培震,牛之俊,等. 2001. 中国大陆现今地壳运动与构造变形[J]. 中国科学(D 辑), 31(7): 529-536.
- 王晓强,江在森,杨国华,等. 2009. 基于 GPS 技术研究新疆巴楚—伽师 6.8 级地震的地壳形变特征. 地震研究, 32(2): 175-181.
- 王晓强,李杰,王琪,等. 2005. 天山地壳运动的形变场分析[J]. 大地测量与地球动力学, 25(3): 63-68.
- 王晓强,李杰,王琪,等. 2007. 利用 GPS 形变资料研究天山及邻地区地壳水平位移与应变特征[J]. 地震学报, 29(1): 31-37.
- 徐纪人,赵志新. 2006. 青藏高原及其周围地区区域应力场与构造运动特征[J]. 中国地质, 33(2): 275-285.
- 杨少敏,李杰,王琪. 2008. GPS 研究天山现今变形与断层活动[J]. 中国科学(D 辑), 38(7): 785-912.
- 张国民,马宏生,王辉,等. 2004. 中国大陆活动地块与强震活动关系[J]. 中国科学(D 辑), 34(7): 591-599.
- 张培震,邓起东,徐锡伟,等. 1994. 盲断裂、褶皱地震与新疆 1906 年玛纳斯地震[J]. 地震地质, 16(3): 193-204.
- Abdrakhmatov K. Y., Aldazhanov S. A., Hager B. H., et al. 1996. Relatively recent construction of the Tien Shan inferred from GPS measurements of present-day crustal deformation rates[J]. Nature, 384: 450-453.
- Alexander V., Zubovich, Xiaoqiang Wang, et al. 2010. GPS velocity field for the Tien Shan and surrounding regions [J]. Tectonics, 29, TC6014, doi:10.1029/2010TC002772.
- Alexander V., Zubovich, Beisimbaev R. T., et al. 2004. Recent Kinematics of the Tarim-Tien Shan-Altai Region of Central Asia from GPS Measurements[J]. Izvestiya, Physics of the Solid Earth, 9: 31-40.
- Argus D. F., Gordon R. G., Heflin M. B., et al. 2010. The angular velocities of the plates and the velocity of Earth's centre from space geodesy[J]. Geophys J. Int., 180(3): 913-960.
- Kogan M. G., Steblov G. M., King R. W., et al. 2000. Geodetic constraints on the relative motion and rigidity of Eurasia and North

- Americ[J]. Geophys. Res. Lett. ,27(14):2 041 –2 044.
- Lin A. , Fu B. , Guo J. , *et al.* 2002. Co-Seismic Strike-slip and rupture length produced by the 2001 M_s 8.1 central Kunlun earthquake [J]. Science,296(5575):2 015 –2 017.
- Molnar P. , Tapponnier P. , 1975. Cenozoic tectonics of Asia; Effects of a continental collision; Features of recent continental tectonics in Asia can be interpreted as results of the India-Eurasia collision[J]. Science,189(4201):419 –426.
- Ni. J. 1978. Contemporary tectonics in the Tien Shan region Earth Planet [J]. Sci. Lett. ,41:347 –354.
- Reigber C. , Michel G. W. , Galas R. , *et al.* 2001. New space geodetic constrains on the distribution of deformation in Central Asia [J]. Earth Planet Sci. Lett. ,191(1 –2):157 –165.

Analysis on Present-day Strain Field Characteristic in West-southern Tianshan Region Based on GPS Data

LI Jie¹, LIU Dai-qin¹, WANG Qi², WANG Xiao-qiang¹, PAERHATI · Zainula¹

(1. *Earthquake Administration of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830011, Xinjiang, China*)

(2. *Institute of Geophysics & Geomatics, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China*)

Abstract

Based on GPS observational data from 1992 to 2012 in the west-southern Tianshan area, the present-day crustal tectonic deformation movement velocity field in west-southern Tianshan and Pamir area is obtained, and the distribution of maximum strain, shear strain rate and surface dilation are calculated. The results indicated that under the extrusion of the India plate Western syntaxis on Western Tianshan area, the Pamirs plateau subducted to the north rapidly, which caused the strong crustal shortening in Tianshan area along this longitude belt. The deformation in the basin-range junction zone was greater than that in mountain interior, and the area with large range of the deformation always occurred $M7 \sim 8$ earthquakes in history. The direction of principal compressive strain is gradually from NNW to SN and NNE with the increasing of longitude, which is basically perpendicular to the trend of Tianshan Moutian. The area with larger principal compressive strain concentrated in the north-south fold belt of West Tianshan. The maximum shear strain rate located in the southern margin of Western Tianshan and the joint part between Pamirs and the South West Kunlun, where is the main distribution area of strong earthquake.

Key words: Tianshan; GPS; Velocity; strain characteristics