

伽师及周围地区现代构造 应力场特征研究^{*}

崔效锋[†]

(中国北京 100085 中国地震局地壳应力研究所)

摘要 对伽师及周围地区内震源机制解、钻孔崩落、断层滑动资料等地应力数据进行统计, 分析了区域构造应力场的总体方向特征. 3 类地应力数据给出的水平最大主应力方向差异不大, 表明该地区构造应力场在水平向上总体呈南北向挤压. 利用 137 个地震震源机制解数据, 对伽师及周围地区现代构造应力场的时空变化特征进行了反演分析. 反演计算结果表明, 伽师周围地区区域现代构造应力场最大主应力 σ_1 为北北西—南南东向, 方位角为 162° . 在 1997—2003 年的伽师巴楚地震前, 伽师震源区最大主应力 σ_1 和最小主应力 σ_3 的方向, 相对于周围区域构造应力场发生了顺时针偏转, 最大主应力 σ_1 变为北北东—南南西向, 方位角为 25° . 在这一构造应力场的控制下, 发生了包括 1997 年伽师强震群在内的一系列地震. 其后, 伽师震源区构造应力场可能又一次发生了调整, 控制 2003 年伽师巴楚地震的构造应力场与周围地区区域现代构造应力场相一致.

关键词 新疆伽师 应力场 反演分析

中图分类号: P315.72⁺7

文献标识码: A

引言

伽师所处的帕米尔地区是我国大陆板块动力作用最强烈的地区之一. 该地区地震活动频繁, 特别是在 1997 年和 2003 年发生了多次强烈地震, 为研究该地区构造应力场提供了有利条件, 研究人员取得了大量的研究成果(高国英, 温和平, 2000; 高国英等, 2004; 许忠淮, 2001; 周仕勇等, 2001). 虽然人们运用的方法各异, 利用的数据资料不同, 但取得的对帕米尔地区构造应力场基本特征的认识相对比较一致, 认为该地区主压应力的俯角很小, 主压应力的方向以近南北或北北西向为主(许忠淮等, 1989; 王盛泽, 高国英, 1992; 冯先岳, 1997).

1997 年伽师强震群发生后, 人们研究发现伽师震源区构造应力场的特征与周围区域构造应力场特征不完全一致(赖院根等, 2002). 1997 年伽师强震群震源机制解的 P 轴优势方位为北东方向, 并且有相当一部分震源机制解的类型为正断型或正走滑型(单新建等, 2002). 高国英等(2005)对 1991—2002 年新疆 44 次中强震震源机制解进行分析后认为, 这一时段新疆区域应力场与新疆背景应力场有一定的差异, 其主压应力方向以北北东向为

^{*} 国家财政部巴楚伽师地震专项资助. 中国地震局地壳应力研究所论著 2006A002.

2005-11-23 收到初稿, 2006-04-07 决定采用修改稿.

[†] 通讯作者. E-mail: cuixfeng@sina.com

主,同时还存在着北西向分布.因此,深入分析伽师及其周围地区现代构造应力场的基本特征,特别是时空变化特征,对研究伽师 1997 和 2003 年的两次强烈地震的动力学机制将有所帮助.

本文在对伽师及其周围地区各种地应力数据分析的基础上,采用逐次收敛法(崔效锋,谢富仁,1999),对该地区震源机制解进行了反演计算,研究探讨了包括伽师震源区在内的帕米尔地区现代构造应力场的时空特征.

1 区域构造应力场方向特征

1.1 数据资料

以往研究区域构造应力场主要依赖震源机制解等地震资料.本文除了利用震源机制解数据外,同时注意利用其它类型的数据资料.“中国大陆地壳应力环境基础数据库”共收集了 6 类的地应力数据(谢富仁等,2004),经查询,在 $75^{\circ}\text{E}\sim 85^{\circ}\text{E}$ 、 $38.5^{\circ}\text{N}\sim 45^{\circ}\text{N}$ 范围内,共有 3 类地应力数据.数据分布情况见图 1.

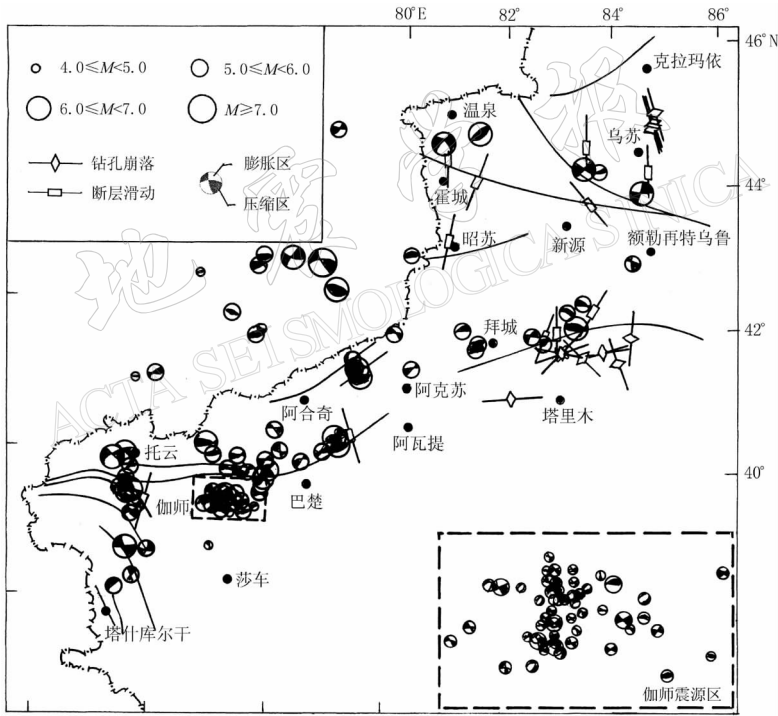


图 1 伽师及周围地区 3 类地应力数据分布
右下角附图为伽师震源区局部放大图

震源机制解数据 137 个,震级范围为 $4.3\sim 7.1(M_s)$,发震时间为 1958—2003 年,其中 1997 年伽师强震群的震源机制解 54 个,2003 年伽师地震震源机制解 9 个.

钻孔崩落数据 16 个,测量深度为 1 800~5 500 m(表 1).虽然钻孔崩落是二维应力测量,只能给出水平最大主应力方位和最小主应力方位,但是由于测量深度较深,在一定程度上反映了地壳上部的应力方向状况.

表 1 钻孔崩落数据

编号	北纬/(°)	东经/(°)	地点	测量深度/m	S _H /(°)
1	41.01	82.211	新疆沙雅	4 730	85
2	41.651	83.915	新疆轮台	4 700	75
3	41.651	83.915	新疆轮台	4 900	82
4	41.855	84.436	新疆轮台	1 800	6
5	41.501	84.182	新疆轮台	5 124	161
6	41.656	83.127	新疆库车	5 450	103
7	41.656	83.127	新疆库车	5 550	45
8	41.656	83.127	新疆库车	5 250	100
9	41.656	83.127	新疆库车	5 050	100
10	41.651	83.127	新疆库车	4 350	70
11	41.583	83.527	新疆库车	5 531	135
12	44.766	84.936	新疆克拉玛依	3 680	345
13	44.763	84.974	新疆克拉玛依	3 400	345
14	44.818	84.953	新疆克拉玛依	3 297	345
15	44.825	84.955	新疆克拉玛依	3 542	340
16	44.955	85.00	新疆克拉玛依	2 740	345

注：S_H 为水平最大主应力方向。

断层滑动资料 11 个，这些资料是运用地质学方法给出水平最大主应力方位(表 2)。具体方法有两种：一种是利用地震形变带上的构造组合确定构造主应力方位；另一种是由断层产状和断层运动性状确定构造主应力方位。

1.2 水平最大主应力方向特征

震源机制解反映了地壳深部应力信息，断层滑动资料在一定空间范围和时间阶段内提供地壳上部造成岩石脆性变形的构造应力作用特征，钻孔崩落原地应力测量获得的主要是地壳浅部的实时地应力状态。3 类地应力数据资料，除震源机制解

外，钻孔崩落和断层滑动数据资料只给出了地应力 1 个方向特征参数——水平最大主应力方位，而没有给出应力结构等其它参数。本文在利用 3 类地应力数据对区域构造应力场水平方向特征进行统计分析过程中，为了使统计的方向参数一致，震源机制解没有使用 *P* 轴方位统计，而是对震源机制解所反映的水平最大主应力方位进行统计。震源机制解水平最大主应力方位是依据震源机制解类型和 *P*、*B*、*T* 轴空间取向给定的。对于 *P* 轴俯角较小的逆断型、逆走滑型和走滑型震源机制解，以 *P* 轴方位为水平最大主应力方位；对于 *P* 轴接近直立的正断型震源机制解，取 *B* 轴方位为水平最大主应力方位；对于 *P* 轴俯角较大的正走滑型震源机制解，取 *T* 轴方位+90°为水平最大主应力方位(谢富仁等，2004)。

图 2 是 3 类地应力数据资料水平最大主应力方位分布的统计结果。从图中可以看出，震源机制解(图 2a)水平最大主应力分布的优势方位为北北西向(350°)，同时在北北东

表 2 断层滑动数据

编号	北纬/(°)	东经/(°)	地点	S _H /(°)
1	39.40	75.60	新疆乌恰东南	10
2	40.47	79.28	阿恰硫磺矿	340
3	41.87	82.82	车盐水沟	20
4	41.93	83.05	坎 村	180
5	42.23	83.73	拉依色沟	30
6	43.20	81.00	新疆特克斯西	10
7	43.70	83.70	新疆尼勒克东	320
8	44.03	81.53	伊宁北	20
9	44.15	84.83	巴音沟	180
10	44.32	80.95	果子沟	180
11	44.50	83.65	古尔图	180

注：S_H 为水平最大主应力方向。

向(20°)也有一定的分布. 钻孔崩落给出的水平最大主应力明显有两个优势分布方位(图 2b): 一个是北北西向(340°), 另一个是近东西向. 断层滑动资料给出的水平最大主应力方位则相对比较集中(图 2c), 为近南北向.

钻孔崩落是油田测井数据, 地点较为集中. 其中水平最大主应力为近东西向的钻孔崩落数据主要集中在新疆轮台和库车地区. 从总体上看, 3 类地应力数据资料给出的水平最大主应力方位分布状况是比较一致的, 其优势方位分布范围基本上是北北东—北北西向(图 2). 表明研究区构造应力场在水平向上主要呈现近南北向的挤压. 虽然本文使用的数据参数和选定的研究区范围与以往其它学者的不完全一致, 但结果与以往许多研究成果相吻合(许忠淮等, 1989; 高国英, 温和平, 2000; 高国英等, 2004).

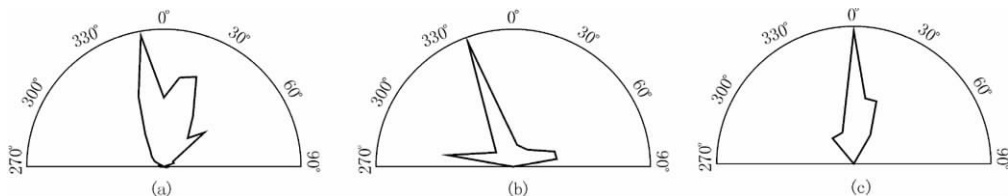


图 2 3 类地应力数据的水平最大主应力方位分布图

(a) 震源机制解; (b) 钻孔崩落; (c) 断层滑动资料

2 震源机制解反演分析

滑动方向拟合法是一种较为成熟的反演平均构造应力张量的方法(Gephart, Forsyth, 1984; 许忠淮, 1985; Plenafisch, Bonjer, 1997; Kao, Angelier, 2001), 反演结果可以给出具有实际物理意义的 σ_1 , σ_2 和 σ_3 方向和反映主应力相对大小的应力形因子 φ . 逐次收敛法是对滑动方向拟合法加以改进的构造应力场反演方法. 该方法通过对一个地区震源机制解的反演计算, 给出该地区现代构造应力场在空间上的展布特征和在时间上的变化特征(崔效锋, 谢富仁, 2001).

水平最大主应力方位的分布统计, 只是在一定程度上给出区域构造应力场的整体方向特征. 为进一步了解研究区, 特别是伽师地区的构造应力场的 3 个主应力 σ_1 , σ_2 和 σ_3 特征, 我们运用逐次收敛法对伽师及其周围地区的震源机制解进行了反演分析.

2.1 反演分析方法

逐次收敛法的基本思路是, 假定地震破裂是沿断层面的剪应力方向滑动, 并且断层面上正应力和剪应力的大小符合摩擦滑动准则. 受同一个现代构造应力场控制的一组地震, 就存在一个平均应力张量. 在该应力张量的作用下, 不仅每个地震断层面上剪应力方向与断层面滑动矢量的拟合偏差最小, 同时断层面的剪应力与正应力(或应力)之比应当满足摩擦滑动条件.

具体反演过程是, 采用滑动方向拟合法, 依据偏应力张量作用于地震断层面上剪应力的方向与相对大小(称为剪应力判据), 对一地区的地震(震源机制解)进行逐一筛选, 找出受不同构造应力场控制的各组地震. 每组地震所分布的区域, 在相应的时间段内即可认为是一个相对稳定的应力分区, 相应反演出的平均应力张量作为该应力分区的应力场参数(崔效锋, 谢富仁, 1999).

2.2 反演结果

我们运用逐次收敛法对研究区的 137 个震源机制解进行了逐一筛选计算, 自动搜寻伽师及周围地区现代构造应力场的空间分区和时间分段. 反演结果显示 137 次地震(震源机制解)被自动地分为两组: ① A 组地震. 在空间上覆盖了整个研究区, 在时间上分两个时间段: 1958 年 1 月—1996 年 3 月, 2003 年 2 月—2003 年 9 月, 其中包含了 9 个 2003 年伽师地震震源机制解; ② B 组地震. 在空间上集中在伽师震源区, 在时间上处于 1997 年 1 月—2003 年 1 月时间段内, 主要是 1997 年的伽师强震群.

在具体反演计算过程中, 采用的剪应力判定条件为, 偏应力张量作用于地震断层面上剪应力方向与断层滑动矢量之间的夹角 α 不大于 30° , 同时偏应力张量作用于地震断面上的剪应力与应力之比(τ/f)大于 0.51. A 组地震共有 78 次, 其中不满足剪应力判据的震源机制解有 24 个, 作为矛盾数据被剔除, 参与应力张量反演计算的震源机制解有 54 个. B 组地震共有 59 次, 参与反演计算的震源机制解 46 个. 两组的数据应用率接近或超过 70% (表 3), 说明反演结果的收敛性较好.

表 3 和图 3 给出了具体反演计算结果. 表 3 列出了两组震源机制解反演得到的构造应力场参数: 平均应力张量的 3 个主应力方向, 应力形因子 φ 的大小($\varphi=(\sigma_2-\sigma_3)/(\sigma_1-\sigma_3)$), 剪应力方向与滑动矢量间夹角 α 的平均值($\bar{\alpha}$), 以及剪应力相对大小 τ/f 的平均值($\overline{\tau/f}$)等. 图 3a 给出的是两组参与反演计算的震源机制解两个节面在上半球乌尔夫网上综合投影图. 可以看出其中包含了各种节面取向和滑动类型. 这样在反演过程中不会因出现病态矩阵而造成不合理的解(许忠淮, 1985). 图 3b, c 是两组反演结果的 α 角和 τ/f 的分布直方图.

表 3 运用逐次收敛法确定的研究区现代构造应力场结果

分组	σ_1		σ_2		σ_3		φ	$\bar{\alpha}/(^{\circ})$	$\overline{\tau/f}$	M	N	$\frac{M}{M+N}$
	$Az/(^{\circ})$	$i_h/(^{\circ})$	$Az/(^{\circ})$	$i_h/(^{\circ})$	$Az/(^{\circ})$	$i_h/(^{\circ})$						
A	162	5	284	80	71	8	0.51	12.0	0.82	54	24	69.2%
B	25	5	278	73	116	16	0.47	6.8	0.91	46	13	78.0%

注: Az 为力轴的方位角, i_h 为力轴与水平面的夹角, M 为参与反演的震源机制解个数, N 为矛盾数据个数. $M/(M+N)$ 为震源机制解的应用率.

由表 3 和图 3 可以看出, 两组震源机制解反演得到的研究区现代构造应力场中等主应力 σ_2 基本上是近垂直的; 最大主应力 σ_1 与最小主应力 σ_3 为近水平, 与水平面的夹角在 $5^\circ \sim 16^\circ$ 之间, 但最大主应力 σ_1 和最小主应力 σ_3 的方位存在着较为明显的差异.

A 组反演结果显示, 现代构造应力场的最大主应力 σ_1 为北北西—南南东向, 方位角为 162° (图 4 中的实体黑箭头); 最小主应力 σ_3 的方位角为 71° . 由于 A 组地震分布范围覆盖整个研究区, 时间跨度相对较长, 因此可以认为 A 组反演结果反映了研究区现代构造应力场主要特征(图 4).

B 组反演结果给出的现代构造应力场最大主应力 σ_1 方位为北北东向, 方位角为 25° (图 5 中的实体黑箭头); 最小主应力 σ_3 的方位角为 116° . 由于 B 组地震主要集中分布在伽师震源区, 时间集中在 1997 年 1 月—2003 年 1 月, 并且大部分是 1997 年伽师强震群的震源机制解, 所以我们认为 B 组反演结果反映的是伽师震源区现代构造应力场的局部变化特征(图 5).

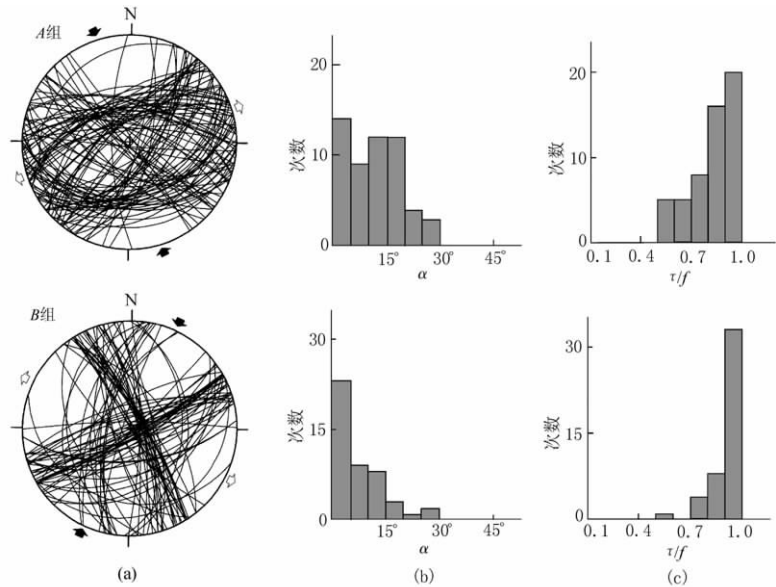


图 3 震源机制解反演计算结果

(a) 震源机制解两个节面乌尔夫网上的投影图(大圆内的弧线为节面投影,大圆外的实心箭头代表最大主应力 σ_1 方位,空心箭头代表最小主应力 σ_3 方位);(b) 断层面上剪应力方向与滑动矢量之间偏差角 α 的分布直方图;(c) 断层面上剪应力相对大小(τ/f)分布直方图

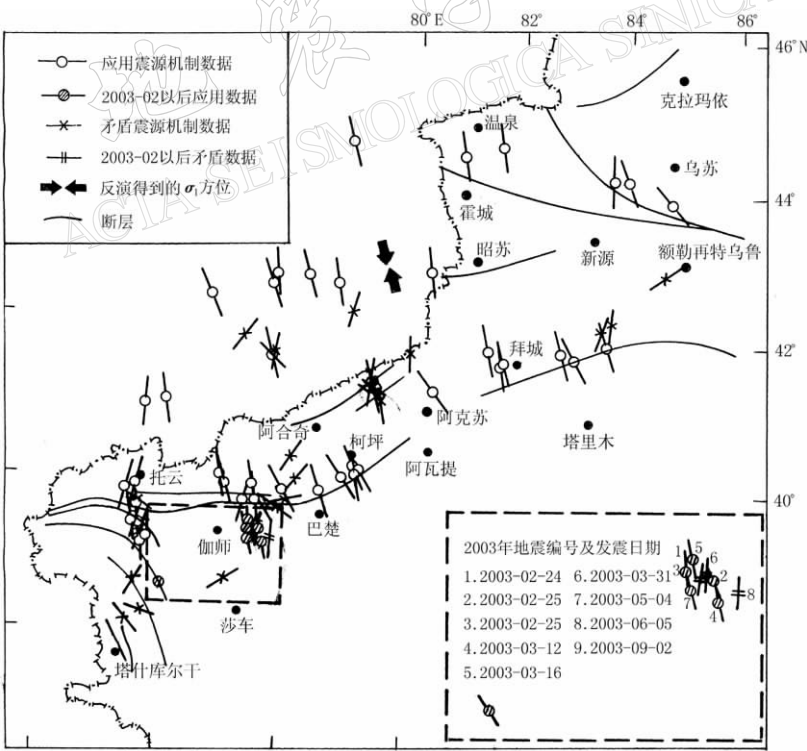


图 4 A 组震源机制解确定的伽师周围地区应力场

右下角附图 2003 年震源机制解分布局部放大图;震源机制解符号的长轴方向代表震源机制解给出的水平最大主应力方位

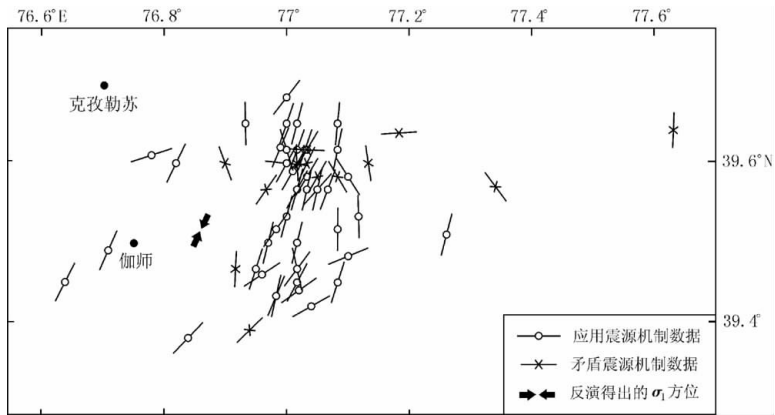


图 5 B 组震源机制解确定的伽师震源区 1997 年 1 月—2003 年 1 月应力场
震源机制解符号的长轴方向代表震源机制解给出的水平最大主应力方位

3 构造应力场特征

由震源机制解数据反演伽师及其周围地区现代构造应力场的结果显示，伽师震源区现代构造应力场相对其周围区域现代构造应力场存在着较明显的变化特征：伽师周围地区区域现代构造应力场的最大主应力 σ_1 为北北西—南南东向，方位角为 162° 。在 1997—2003 年的伽师巴楚地震前这段时间，伽师震源区构造应力场最大主应力 σ_1 和最小主应力 σ_3 的方向发生了偏转，最大主应力 σ_1 变为北北东—南南西向，方位角为 25° 。与前人研究结果（杨欣，高国英，1998；单新建等，2002）不同的是，伽师震源区现代构造应力场的这种偏转并没有持续下去，构造应力场可能又一次发生了偏转调整，可能恢复到与周围区域构造应力场一致的状态。高国英等在研究 2003 年伽师巴楚地震序列特征和震源机制时，也提出了类似观点（高国英等，2004）。由此看来，伽师震源区与其周围区域现代构造应力场的差异不仅仅是空间上的，同时在时间上也可能存在着变化。图 6 给出了伽师震源区最大主应力 σ_1 的方向随时间变化的示意图。

另一方面，从震源机制解的类型上也可以看出伽师震源区现代构造应力场在时间上的变化。我们将伽师震源区参与反演计算的震源机制解提取出来，并分成两组进行震源机制解类型的统计：一组是 1997 年 1 月—2003 年 1 月伽师震源区震源机制解（即前面逐次收敛法确定的 B 组震源机制解，图 7a）；另一组是参与反演计算的 2003 年伽师巴楚地震 6 个震源机制解（图 7b）。然后与研究区内其它参与反演计算的震源机制解类型进行比较（图 7c）。从中可以看出，1997 年 1 月—2003 年 1 月伽师震源区震源机制解的类型与研究区内其它参与反演计算震源机制解的类型明显不同，以走滑型为主，并且有一定数量的正断型震源机制解；而 2003 年伽师巴

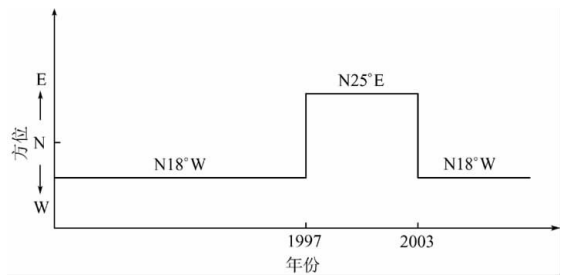


图 6 伽师震源区最大主应力 σ_1 的方向随时间变化示意图

楚地震 6 个震源机制解（图 7b）。然后与研究区内其它参与反演计算的震源机制解类型进行比较（图 7c）。从中可以看出，1997 年 1 月—2003 年 1 月伽师震源区震源机制解的类型与研究区内其它参与反演计算震源机制解的类型明显不同，以走滑型为主，并且有一定数量的正断型震源机制解；而 2003 年伽师巴

楚地震的震源机制解则主要是逆断型，与伽师周围地区其它震源机制解类型较为一致(图 7).

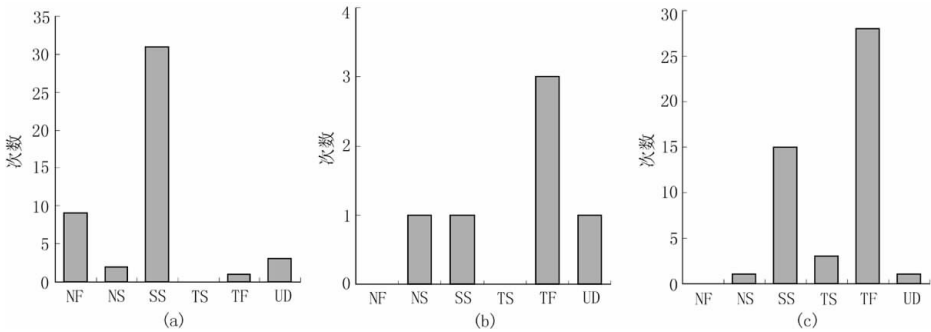


图 7 震源机制解类型统计柱状图

NF: 正断型, NS: 正走滑型, SS: 走滑型, TS: 逆走滑型, TF: 逆断型, UD: 无法确定
(a) 1997 年 1 月—2003 年 1 月伽师震源区; (b) 2003 年伽师巴楚地震; (c) 伽师周围地区
(不包含 1997 年 1 月—2003 年 1 月伽师震源区和 2003 年伽师巴楚地震的震源机制解)

4 讨论和结论

我们运用两种方法对伽师及其周围地区的构造应力场进行了分析研究. 首先对研究区内 3 类地应力数据(震源机制解、钻孔崩落、断层滑动资料)进行了统计, 分析了研究区构造应力场的总体方向特征. 3 类地应力数据给出的水平最大主应力方向差异不大, 表明研究区构造应力场在水平向上总体呈南北向挤压, 这与以往对该地区构造应力场的认识相一致.

然后运用逐次收敛法, 利用震源机制解数据对伽师及其周围地区现代构造应力场的时空变化特征进行了反演分析. 反演计算结果和震源机制解类型均表明, 伽师震源区现代构造应力场相对其周围区域构造应力场, 在时间上可能存在着两次大的调整变化. 1997—2003 年的伽师巴楚地震前这段时间, 伽师震源区最大主应力 σ_1 和最小主应力 σ_3 的方向, 相对于周围区域构造应力场发生了顺时针偏转, 最大主应力 σ_1 变为北北东—南南西向. 在这一构造应力场的控制下, 发生了包括 1997 年伽师强震群在内的一系列地震. 周仕勇等 (2001) 利用 1997 年 1 月 21 日—12 月 31 日伽师震群 355 次地震, 总计 2 177 个 P 波初动方向计算的伽师震群的平均震源机制解显示, 伽师震源区构造应力最大主应力方向为 $N15^\circ E$. 在震群活动中, 震源区一直处于基本稳定的构造应力场中. 从本文的分析结果来看, 这种最大主应力方向为北北东—南南西向的震源区构造应力场可能持续了一定时间. 尔后, 伽师震源区构造应力场可能又一次发生了调整, 最大主应力 σ_1 变回北北西—南南东向, 控制 2003 年伽师巴楚地震的构造应力场与其周围区域现代构造应力场相一致. 由于伽师震源区 2003 年 2 月以后的震源机制解数据相对偏少, 只有伽师巴楚地震的 9 个震源机制解(在反演中, 6 个被自动归入 A 组, 3 个矛盾数据), 无法进行单独反演计算. 因此, 伽师震源区现代构造应力场在 2003 年发生的转动, 需要利用更多的震源机制解数据进行反演验证.

关于震源区及邻近地区构造应力场主应力方向出现转动和变化的现象, 在其它地区强

震发生前后也有发生。例如, 许忠淮等在利用震源机制解资料研究华北地区和唐山余震区构造应力场时发现, 1976 年唐山地震后, 其余震区主压应力轴的方向相对震前华北地区顺时针偏转了大约 30° (许忠淮, 1985; 崔效锋, 谢富仁, 1999)。王凯英等 (2003) 利用小震震源机制解和 GPS 测量数据对川滇地区构造应力场研究后认为, 1996 年丽江地震前后, 川滇地区北部构造应力主方向发生了调整及转动, 主压应力轴的方向逆时针转动了 $30^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 。程万正等 (2003) 在研究 2001 年雅江地震震源应力场时发现, 震源应力场的主压应力方位在 6.0 级地震前后发生了约 74° 的偏转。构造应力场的这种与地震相关的动态变化, 对地震物理过程的认识及地震预测有着实际意义。为了能够对构造应力场动态变化与强震孕育发生之间的关系有所认识, 需要对构造应力场产生变化的过程和原因作进一步的研究和探讨。

谢富仁研究员对本项研究工作给予了大力帮助, 并对论文的撰写提出了宝贵建议。谨此致谢。

参 考 文 献

- 程万正, 陈天长, 魏娅玲, 等. 2003. 2001 年雅江 6 级地震的前震与余震震源参数的变化[J]. 地震学报, **25**(4): 351~360
- 崔效锋, 谢富仁. 1999. 利用震源机制解对中国西南及邻区进行应力分区的初步研究[J]. 地震学报, **21**(5): 513~522
- 崔效锋, 谢富仁. 2001. 1976 年唐山地震前后华北地区现代构造应力场的时空变化特征[J]. 中国地震, **17**(3): 280~288
- 冯先岳. 1997. 新疆古地震研究[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 52~61
- 高国英, 温和平. 2000. 帕米尔东北侧现代构造应力场与地震活动特征研究[J]. 中国地震, **16**(2): 176~184
- 高国英, 聂晓红, 夏爱国. 2004. 2003 年伽师 6.8 级地震序列特征和震源机制解的初步研究[J]. 中国地震, **20**(2): 179~186
- 高国英, 温和平, 聂晓红. 2005. 1991—2002 年新疆中强震震源机制解分析[J]. 地震, **25**(1): 81~87
- 赖院根, 刘启元, 陈九辉, 等. 2002. 新疆伽师强震群区的横波分裂与应力场特征[J]. 地球物理学报, **45**(1): 83~92
- 单新建, 何玉梅, 朱燕, 等. 2002. 新疆伽师强震群的震源破裂特征[J]. 地震地质, **24**(1): 59~68
- 王凯英, 马瑾, 顾国华, 等. 2003. 1996 年川滇地区发生的一次应力转向事件[J]. 地学前缘, **10**(特刊): 231~239
- 王盛泽, 高国英. 1992. 新疆及邻近地区现代构造应力场的区域特征[J]. 地震学报, **14**(增刊): 612~620
- 谢富仁, 崔效锋, 赵建涛, 等. 2004. 中国大陆及邻区现代构造应力场分区[J]. 地球物理学报, **47**(4): 654~662
- 许忠淮. 1985. 用滑动方向拟合法反演唐山余震区的平均应力场[J]. 地震学报, **7**(4): 349~361
- 许忠淮, 汪素云, 黄雨蕊, 等. 1989. 由大量的地震资料推断的我国大陆构造应力场[J]. 地球物理学报, **32**(6): 636~647
- 许忠淮. 2001. 东亚地区现今构造应力图的编制[J]. 地震学报, **23**(5): 492~501
- 杨欣, 高国英. 1998. 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, **20**(6): 573~579
- 周仕勇, 许忠淮, 陈晓非. 2001. 伽师强震群震源特征及震源机制力学成因分析[J]. 地球物理学报, **44**(5): 654~662
- Gephart J W, Forsyth D W. 1984. An improved method for determining the regional stress tensor using earthquake focal mechanism data: application to the San Fernando earthquake sequence[J]. *J Geophys Res*, **89**: 9 305~9 320
- Kao H, Angelier J. 2001. Stress tensor inversion for the Chi-Chi earthquake sequence and its implications on regional collision[J]. *Bull Seism Soc Amer*, **78**: 1 028~1 040
- Plenefisch T, Bonjer K P. 1997. The stress field in the Rhine Graben area inferred from earthquake focal mechanisms and estimation of frictional parameters[J]. *Tectonophysics*, **275**: 71~97

CHARACTERISTICS OF RECENT TECTONIC STRESS FIELD IN JIASHI, XINJIANG AND ADJACENT REGIONS

Cui Xiaofeng

(*Institute of Crustal Dynamics, China Earthquake Administration, Beijing 100085, China*)

Abstract: In this paper, we analyze the general directional features of regional tectonic stress field in Jiashi, Xinjiang and adjacent regions from the data of focal mechanism solutions, borehole breakouts and fault slip. The direction of maximum horizontal principal stress given by these three sorts of stress data differs slightly, which indicates there is a NS-trending horizontal compression in the tectonic stress field in the region of interest. We also invert and analyze the temporal and spatial changes of recent tectonic stress field in the research region by using 137 focal mechanism solutions. The inverted results show that the maximum principal stress σ_1 in Jiashi and adjacent regions is NNW-SSE with an azimuth of 162° . In the period from 1997 to 2003 before the occurrence of Jiashi-Bachu earthquake, the directions of the maximum principal stress σ_1 and the minimum principal stress σ_3 in Jiashi seismic source zone changed clockwise with respect to the tectonic stress field in the regions around. The maximum principal stress σ_1 adjusted to the direction of NNE-SSW with an azimuth of 25° . Under the control of this tectonic stress field, a series of earthquakes happened, including the Jiashi strong earthquake swarm in 1997. Then, the tectonic stress field in the Jiashi seismic source zone might adjust again. And the tectonic stress field controlling the Jiashi-Bachu earthquake in 2003 was in accordance with the regions around.

Key words: Jiashi, Xinjiang; stress field; inverse analysis