

三峡及邻区晚第三纪以来构造应力场特征探讨

贾永刚 单红仙

(青岛海洋大学地质系 266003)

提要 用三峡及邻区(东经 $108^{\circ}\sim 113^{\circ}$, 北纬 $29^{\circ}\sim 33^{\circ}$)地质资料,地震资料,现场地应力测量资料论证三峡及邻区晚第三纪以来构造应力场稳定性及其分区特征。

关键词 区域构造应力场,局部构造应力场,构造应力场分区

现今构造应力场特征的研究是区域稳定性研究中的一项重要内容。某一地区现今构造应力场方位、大小及其稳定性直接影响甚至决定着该区地壳稳定性和地震活动的规律性^[1]。

三峡地区构造应力场特征,长期以来一直是个颇有争议的问题。不同研究者由于依据资料不同及对构造应力场特性认识的差异,导致对三峡及邻区构造应力场特征的看法具有较大的分歧^[2~6]。

本文全面综合分析了三峡及邻区地质资料、地形变资料、地应力实测结果、震源机制解、小震综合断层面解以及历史地震极震区内圈等震线长轴方位等资料。就有关三峡及邻区构造应力场特征,得出与前人不尽相同的认识。

1 三峡及邻区的区域构造格架

三峡及邻区(东经 $108^{\circ}\sim 113^{\circ}$, 北纬 $29^{\circ}\sim 33^{\circ}$),以黄陵背斜为主体,北侧为秦岭东西向褶皱带中段;东北部为淮阳山字型西翼反射弧;东部、东南部为新华夏系第二沉降带由北向南第三个沉降区;西部、西南部为川鄂湘黔弧形褶皱带,与本区西北部大巴山弧形褶皱带形成一向西撒开的喇叭形。区域内各构造体系联合、复合、交切,形成一幅极其复杂的构造图象^[7](图 1)。

收稿日期 1994年3月20日

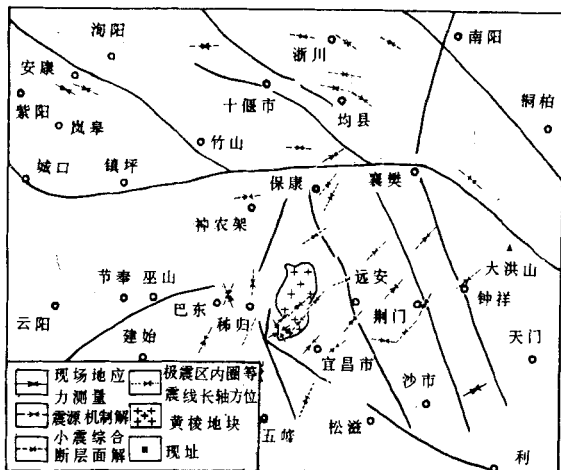


图1 三峡及周缘区现今构造应力场最大主压应力方位
Fig. 1 The distribution of maximum principal stress orientation of recent tectonic stress field in Three Gorges and its neighbouring area

安康一带,转为 NNE-SSW 向;至秭归、巴东一带黄陵背斜西翼地区(C区),又渐变为近 SN 向, NNW~SSE 向。研究区南部从东向西,最大主压应力方位显示出由北至 NNE,至近 SN, NNW 向偏转趋势。

统计结果还表明(见表 1),研究区内主压应力轴(P轴)、主张应力轴(T轴)仰角平均值分别为 21°和 25°,发震断层倾角近 70°。可以认为三峡及邻区现今构造应力场以水平挤压为主,发震断面近于垂直。

3 三峡及邻区晚第三纪以来构造应力场稳定性讨论

根据三峡及邻区最新沉积地层(白垩系-第三系红色砾岩和少量第四系堆积物)中发育的节理,可恢复三峡及邻区晚第三纪以来,即晚近期构造应力场特征。

由表 4 可以看出,晚近期研究区内各小区主压应力场方位与现今构造应力场分布特征相比变化不大,属于较为稳定相应的新构造运动,即地形变、断裂活动、地震等,表现为稳定而有规律的特点。东部表现为大面积沉降,西部表现为大面积隆升。区内层状地形显著,剥夷面从老至新呈阶梯状展布。有发育良好的三期五级夷平面和长江十级阶地,且其连续性较好,未见明显破坏。从峡区阶地上升幅度由高级向低级逐渐变小,沿江(三斗坪、黄陵庙)新石器时代遗址分布高程与现代人类居住高程一致来看,研究区地壳运动处于稳定阶段。

近期以来断裂活动强度不大,对区内构造格架改变甚微,而现代断裂活动也较微弱。据观测资料,其活动速率均很低,年位移量 0.1mm 左右。其中仙女山断裂垂直形变率 0.07mm/a,水平形变率 0.11mm/a,属弱活动性。宜昌-巴东国家二等水准测量,最初一次(1954年)和最后一次(1966年),所测结果无明显变化。

城口~大洪山断裂为一条切割至上地幔的岩石圈断裂,此断裂为两个大地构造单元的分界线。

2 三峡及邻区现今构造应力场特征

综合分析研究区范围内地震震源机制解、小震综合断面解资料(表 1)、极震区内圈等震线长轴方位资料(表 2)、地应力实测结果(表 3)及地形变资料,可看出该地区现今构造应力场特征较为复杂,总体上具有一定分区特征(图 1)。

最大主压应力优势分布方位在城口~大洪山断裂以北地区(A区)近 EW 向, NWW-SEE 向,发震断面为 NE、NW 向;在以南地区,远安、钟祥沉降区内(B区),呈 NE-SW 向,发震断面为近 SN 向、EW 向;在向西至

表 1 三峡及邻区地震断层面解、小震综合断层面解

Tab. 1 The statistical assesment of earthquake fault planesolutions in Three Gorges and its neighbouring area

序号	发震日期 (年.月.日)	震中位置			震级	节面 A			节面 B			P 轴	T 轴	资料 来源	应力 单元
		纬度	经度	地点		走向	倾向	倾角	走向	倾向	倾角	方位仰角	方位仰角		
1	1984.1.6	32°07'	111°26'	谷城	3.1	10°	NW	65°	287°	NE	80°	237° 12'	333° 27'	李蓉川	B
2	1970~1980			保康	小震统计	81°	NW	80°	456°	NE	65°	36° 23'	130° 9'	"	B
3	1973~1984			宜昌-保康-钟祥	4°	"	95°	72°	92°	1°	79°	47° 22'	139° 5'	曾新平	B
4	1973~1984			保康-钟祥	"	101°	173°	53°	167°	77°	64°	47° 5'	124° 50'	"	B
5	1973~1984			下堡坪-三斗坪	"	3°	93°	78°	80°	359°	66°	47° 25'	312° 8'	"	B
6	1973~1984			三斗坪	"	2°	92°	60°	71°	342°	60°	37° 44'	121° 6'	"	B
7	1973~1984			下堡坪	"	87°	350°	60°	169°	259°	74°	42° 10'	305° 32'	"	B
8	1973~1984			宜昌	"	2°	92°	64°	94°	185°	79°	48° 9'	143° 28'	"	B
9	1981.7.5.	30°54'	111°38'	当阳	4.3	87°	SE	85°	355°	NE	65°	41° 7'	134° 29'	李蓉川	B
10	1983.3.24.	30°46'	111°56'	当阳	3.2	126°	SW	50°	276°	NE	42°	271° 74'	21° 7'	"	B
11	1983.2.25.	31°07'	112°01'	荆门	3.6	91°	NE	40°	343°	SW	75°	46° 22'	292° 47'	王威中	B
12	1973.10.10	30°59'	112°18'	荆门	4.4	71°	NW	70°	342°	NE	71°	27° 14'	295° 7'	李蓉川	B
13	1979.5.22.	31°06'	110°28'	秭归	5.1	65°	NW	80°	330°	NE	65°	12° 19'	108° 16'	"	C
14	1970~1980			兴山	小震统计	52°	NW	60°	307°	SW	60°	2° 1°	272° 15°	"	C
15	1973~1984			周坪	小震统计	87°	170°	73°	162°	72°	40°	25° 22'	140° 41°	曾新平	C
16	1970~1980			三峡地区	小震统计	63°	NW	70°	339°	NE	75°	28° 36'	294° 8°	李蓉川	C
17	1970~1980			周坪-渔洋关-三斗坪	小震统计	56°	SN	80°	333°	SW	50°	6° 37'	200° 12°	"	C
18	1980.7.15.	31°56'	112°46'	枣阳	2.9	38°	NW	85°	218°	NE	50°	6° 37'	288° 17°		A
19	1973.5.28.	33°15'	111°58'	内乡	3.0	112°	SW	5°	70°	NW	5°	303° 51'	127° 40°	赵景珍	A
20	1973.11.29	32°53'	113°31'	河南浙川	1.7	328°	NE	68°	50°	NW	70°	99° 9°	9° 30°	高锡铭	A
21	1969~1974			丹江地区	M1≥2	150°	NE	80°	60°	SE	75°	105° 17°	196° 4°	"	A
22	1970~1974			丹江水库	M1≥1.0	324°	ME	62°	45°	NW	75°	98° 9°	2° 32°	王静瑶	A
23	1972.4.3.	32°33'	111°40'	湖北光化	4.1	70°	NW	40°	7°	E	75°	300° 17°	60° 50°	高锡铭	A
24	1972.8.6.	32°09'	111°06'	浙川	3.8	91°	SW	35°	329°	N	71°	272° 55°	38° 22°	魏光兴	A
25	1982.4.18.	33°14'	110°19'	湖北勋西	2.5	129°	NE	20°	12°	NW	80°	37° 34°	303° 51°	李蓉川	A
26	1981.4.29.	31°47'	110°37'	神农架	2.7	47°	NW	55°	80°	SE	40°	266° 72°	152° 0°	李蓉川	A

表 2 三峡及邻区若干现场地应力实测结果

Tab. 2 The data of some insitu stress measurements in Three Gorges and its neighbouring area

序号	测量时间	测量地点	测量方法	σ_1		σ_3	深度 (M)	地形	测量单位
				方位	大小[MPa]	大小[MPa]			
1	1986	三斗坪	应力法解除	NE60° (±36°)	7.2 (±1.6)	5.2 (±1.6)	17~30	平	长办
2	1978	太平溪	同上	50°	/	/	/	平	长办,科学院
3	1977	葛洲坝	同上	40°	3.0	2.0	34~39	平	中科院武汉岩土所
4	1979	三斗坪	同上	N73°W	11.5	5.7	31	平	国家地震局地壳应力研究所
5	1984	三斗坪	同上	N20°W	9	4	303.8	平	据瑞典提供资料
6		葛洲坝	同上	EW	2.4	1.6	26.7~35	平	中科院武汉岩土所
7	1982	潜江	水压致裂	65°	/	/	/	平	陈家康等《地震学报》1982.4(4)
8	1985	安康火石岩	应力解除	N63°W	5.3	3.1	20	平	国家地震局地壳应力研究所
9	1985	安康火石岩	应力解除	N56°W	4.0	2.6	/	平	同上
10	1985	安康火石岩	水压致裂	N72°W	16.9	7.1	173	平	同上

表 3 长江三峡及邻区有史以来若干地震等震线长轴方位

Tab. 3 The orientation of the major axis of some isoseismic lines in Three Gorges and its neighbouring area

发震日期(年.月.日)	发震地点	震级	等震线长轴方位	备注
1961.3.8.	宜都潘家湾	4.9	340°	外圈长轴方位
			65°	
1969.1.2.	保康马良坪	4.7	295°	外圈长轴方位
			45°	
1970.10.10	钟祥	4.0	328°	外圈长轴方位
			2°	
1973.4.30.	荆门五里铺	3.3	337°	外圈长轴方位
1974.8.13.	远安洋坪	2.9	358°	
1979.5.22.	秭归龙会观	5.1	25°	外圈等震线长轴方位
1983.2.5.	荆门罗集	2.9	38°	
			345°	
			313°	
1946	南阳	6.5	NWW	
1964	赵川	4.6	NW	
1973	宋湾	4.7	NW	
1633	竹溪	5	NW	
1631	常德	6.5	NNW	

表 4 三峡及邻区白垩系-第三系地层节理产状赤平投影表

Tab. 4 The stereographic projection of joints in cretaceous-Triassic in Three Gorges and its neighbouring area

序号	测点位置	节理产状			节面性质	σ_1		σ_2		σ_3		应力单元	地层时代	资料来源
		走向	倾向	倾角		轴向	倾角	轴向	倾角	轴向	倾角			
1	普庄河	130°	NE	60°	剪切	32°	70°	125°	48°	293°	49°	B	K-E	贾永刚、单红仙
		100°	SW	85°										
2	荒口	120°	NE	65°	剪切	50°	73°	150°	50°	160°	40°	B	K-E	贾永刚、单红仙
		25°	NW	40°										
3	周坪	195°	SW	80°	剪切	55°	72°	135°	20°	140°	80°	B	K-E	贾永刚、单红仙
		120°	NE	70°										
4	界垭	15°	NW	75°	剪切	40°	75°	330°	30°	140°	20°	B	K-E	贾永刚、单红仙
		130°	SW	70°										
5	杜家坝	50°	SE	70°	剪切	350°	80°	90°	30°	250°	60°	C	E	刘锁旺 文献[4]
		290°	NW	80°										
6	小杜坝	130°	SW	50°	剪切	357°	38°	178°	55°	88°	85°	C	E	刘锁旺 文献[4]
		310°	NE	40°										
7	宜都董集	45°		90°	剪切	4°	10°	151°	78°	271°	7°	C	K	李安然 文献[2]
		320°		90°										

地震活动水平较低,具有强度弱、频度低、震源浅的特点。有历史地震记载的二千年时间里,发生 4.0 级以上地震 33 次。其中四次为 6.0~6.5 级地震。1959 年建立三峡地震台网至 1979 年 21 年时间里,记录到 $M_s > 0$ 级地震 1091 次,其中 4.0 级~4.9 级 6 次,最大为 5.1 级地震。

4 三峡地区应力场分区特征、地质证据

由上述可知,三峡及邻区现今构造应力场具有分区特征,而且晚近期以来处于较为稳定的状

态。区内地质构造表现出与构造应力场特征相适应的活动方式。

野外考察结果表明,三峡地区 NNW 向远安断裂,南漳-荆门断裂,仙女山断裂,NNE 向九湾溪断裂、新华断裂,在漫长地质历史中均表现出多期活动特征。早期 NNW 向、NNE 向断裂表现为扭性,后者兼具压性特征;嗣后两者均表现为张性活动;晚近期以来 NNW 向断裂呈压扭性,NNE 向断裂呈张扭性活动特征。

三峡及邻区在南北向挤压应力场长期作用下形成了本区构造格架,并且产生了两组扭裂面,即 NNW 向扭性面和 NNE 向扭性面。燕山运动后,本区地壳处于松弛阶段,NNW 向断裂、NNE 向断裂呈拉张状态,形成一系列断陷槽地,控制白垩系红层沉积。晚近期以来,研究区在 NWW-SEE 向新华夏系区域构造应力场控制之中。研究区东部,即远安、钟祥沉降区内,局部构造应力场为 NE-SW 向,其内 NNW 向远安断裂、南漳-荆门断裂呈现右型压扭性活动特征。研究区西侧局部构造应力场近南北向略偏西,黄陵地块及其周缘正是局部构造应力场由 NE-SW 方向向 SN 向转折部位,局部构造应力场大致呈 NNE 向。在此局部构造应力场作用下,NNE 向新华断裂、九湾溪断裂表现为右型张扭性特征,NNW 向仙女山断裂呈右型压扭性,且相对来说,北段以扭性为主,南段以压性为主。

另据长办资料,鄂西南咸丰、恩施、建始、郁江等断裂在晚近期均显示出顺时针扭动的张扭性。在南漳、荆门一带红层中发育一系列轴向 NW 至 NNW 向的小褶皱。在荆门南还发现由第三纪掇刀石灰岩组成的轴向 NNW 向斜,两翼岩层倾角 15°左右,还同时可见与向斜配套的 NE、NW 两组扭面及 NEE 向张裂面。宜昌 330 工程电厂基坑开挖后,基坑两侧岩体大致以房轴线为界,上游侧向西南 220°-225°方向推移,下游侧向 NE40°方向推移,影响深度达基坑底面以下负 7m。秭归周坪横跨仙女山,九湾溪断裂形变测量结果,在正常情况下反映出夹于两断裂间的仙女山地块呈整体上升受压状态。室内短基线测量结果表明:仙女山断裂西盘相对东盘向北错移。这些都很好地验证了三峡及邻区构造应力场分区性。

主要参考文献

- [1] 刘国昌,1979.地质力学及其在水文工程地质方面应用.地质出版社,140.
- [2] 徐永健、李安然,1986.地震研究 4:40.
- [3] 李蔡川,1984.地震研究 5:10.
- [4] 刘镇旺、甘家思,1983.地震地质 2:48.
- [5] 高志钧、陆永成,1986.地震学报 6:53.
- [6] 鄂家全、时振梁,1979.地震学报 4:25.
- [7] 吴桂捷,1984.地矿部 502 所所刊 8:60.

THE FEATURES OF RECENT TECTONIC STRESS FIELD IN THREE GORGES AND ITS NEIGHBOURING AREA

Jia Yonggang and Shan Hongxian

(*Ocean University of Qingdao*, 266003)

Key Words: Tectonic stress field regionalization, Regional tectonic stress field, Local tectonic stress field

Received: Mar. , 20, 1994

Abstract

In this paper, it is concluded that the most prominent feature based on the statistical assessment of earthquake fault plane solutions, insitu stress measurements, geodetic strain measurements and the features of fault activity in the recent tectonic stress field is the regionalization of compressive principal stress direction in Three Gorges and its neighbouring area.