

文章编号: 0253-3782(2005)02-0205-08

2003 年 8 月 16 日内蒙古 $M_s 5.9$ 地震 震害分布特征及其成因分析^{*}

高孟潭¹⁾ 许力生¹⁾ 郭文生²⁾ 万 波³⁾ 俞言祥¹⁾

1) 中国北京 100081 中国地震局地球物理研究所

2) 中国呼和浩特 010051 内蒙古自治区地震局

3) 中国沈阳 110031 辽宁省地震局

摘要 总结了根据应急科考震害调查资料确定的 2003 年 8 月 16 日内蒙古 $M_s 5.9$ 地震的震害分布特征, 利用中国数字地震台网(CDSN)的长周期波形资料, 反演确定了该地震的地震矩张量解和震源机制解。根据震源机制解、余震分布和震害分布特征, 探讨了震害分布特点与震源机制的关系。从全球强震记录、历史地震资料和该地震的震害特点, 讨论了强地面运动的特点与震中区物理背景的关系。调查表明, 此次地震的极震区呈东西走向, 与震源机制反演结果得到的断层走向一致。极震区面积相对较大, 单层土木结构和砖木结构的房屋受损较严重, 可能与当地的震源物理环境有一定关系。

关键词 内蒙古地震 震害分布 震源机制 震害成因

中图分类号: P315.9 **文献标识码:** A

引言

在目前的地震安全性评价工作中, 地震对场地地震动的影响均用衰减关系表示。衰减关系一般只是地震的震级和震中距或震源距的函数。实际上, 地震震源机制和其它震源参数对地震地面运动具有重要的影响, 在近震源区尤其如此。近期大地震现场调查资料表明, 地震震害与到断层面的最近距离密切相关。2003 年 8 月 16 日内蒙古巴林左旗-阿鲁科尔沁旗交界地区发生了 $M_s 5.9$ 地震, 笔者对震区的震害和宏观烈度进行了考察, 获得了大量的震害资料。用中国数字地震台网的波形资料确定了这次地震的震源机制。从全球强震记录、历史地震资料和此次地震的震害特点, 分析了震中区介质的物理力学特性。对震害分布特点与震源机制和震源区物理力学性质的综合分析表明震害分布特征与震源机制和震中区介质的物理力学性质可能有密切关系。

1 震后现场调查和震害分布特征

2003 年 8 月 17 日, 即 $M_s 5.9$ 地震发生后第二天, 中国地震局地震现场应急科考工作队, 立即在现场展开了震害和宏观地震烈度的调查。先后共分为 8 个调查组, 以震害最为严重的巴林左旗白音沟乡水泉沟村和阿鲁科尔沁旗乌兰哈达乡西山湾村为中心, 向四面展

* 国家 973 项目(2002CB412706)资助。中国地震局地球物理研究所论著 05AC1006。
2004-01-05 收到初稿, 2004-04-29 收到修改稿, 2004-06-14 决定采用。

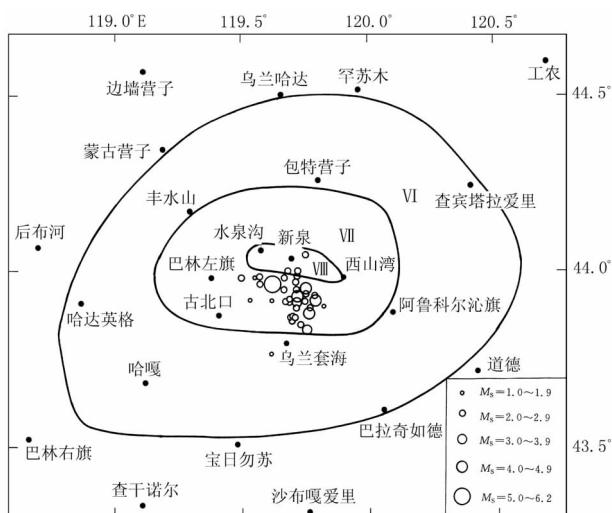


图 1 2003 年 8 月 16 日内蒙古
 M_s 5.9 地震及其等震线图

器震中的北侧。在极震区内大部分土木结构的房屋倒塌，很多砖木结构的房屋的承重系统严重破坏。现场工作队在辐射状调查的基础上，对极震区的边界进行了逐村校核。Ⅶ度区北至太平庄，南至古北口村。位于Ⅶ度区与Ⅵ度区分界线的古北口村，破坏也严重。

内蒙古 M_s 5.9 地震的破坏区域比较广。据估计，地震Ⅸ度区的面积为 169 km^2 ，Ⅷ度区面积为 3055 km^2 ，Ⅶ度区面积为 11690 km^2 。Ⅵ度区包括巴林左旗、阿鲁科尔沁旗和巴林右旗的部分地区。为了便于与根据衰减关系计算得到的破坏面积的比较，我们根据中国东部地区地震烈度衰减关系 (Wang *et al.*, 2000)，计算了这次地震不同烈度区的平均面积(表 1)。可以看出，根据衰减关系得到的平均值大大小于实际破坏区的面积。

2 地震的矩张量反演与震源机制

通过地震矩张量反演技术，从数字波形资料中反演地震的矩张量解，进而确定地震的震源机制以及地震的大小，已经成为相当成熟的工作 (Lay, Wallace, 1995；许力生, 陈运泰, 1997；陈运泰等, 2000)。

在这项工作中，我们假设地震的震源为同步源，即矩张量的 6 个分量具有相同的时间历史，那么，在观测点 r 处的地震位移在时间域和频率域里可以分别写成

$$u_i(r, t) = M_{jk} G_{ij, k}(r, t) * s(t) \quad (1)$$

$$u_i(r, \omega) = M_{jk} G_{ij, k}(r, \omega) * s(\omega) \quad (2)$$

式(1) 和式(2) 中， M_{jk} 不再是时间或频率的函数，变成一个常数，仅表示 $s(t)$ 和 $s(\omega)$ 的幅度。在时间域里格林函数和震源时间函数的褶积，或者在频率域里格林函数谱和震源时间

开辐射状调查。调查组注意到大多数房屋主要以土木结构和砖木结构为主，农村的房屋没有经过抗震设计。震害和宏观地震烈度标识的依据是中华人民共和国国家标准 (1999)《中国地震烈度表》GB/T17742-1999。完成现场调查后，根据各组调查结果绘制了本次地震的等震线图(图 1)。

本次地震的极震区位于巴林左旗白音沟乡水泉沟村、孤山子村和阿鲁科尔沁旗西山湾村一线。震害最为严重的是巴林左旗白音沟乡水泉沟村、孤山子村和阿鲁科尔沁旗西山湾村和新泉村，呈近东西向分布，长度约 30 km，均位于仪

表 1 内蒙古 M_s 5.9 地震各烈度区面积与根据衰减关系计算的平均值的比较

烈度区	实际面积 $/\text{km}^2$	衰减关系推算面积 $/\text{km}^2$
Ⅵ	11 690	3 615
Ⅶ	3 055	667
Ⅷ	169	0

函数谱的乘积, 实质上相当于震源时间函数滤波器对格林函数的滤波 (Lay, Wallace, 1995). 令

$$G'_{ij, k}(r, \omega) = G_{ij, k}(r, \omega) \cdot s(\omega) \quad (3)$$

则 $G'_{ij, k}(r, \omega)$ 变为滤波后的格林函数. 如果选择适当的滤波函数, 则能够使滤波后的格林函数和观测波形具有相同的频率区间. 在这种情况下, 地震矩张量与观测位移之间的关系具有更简单的形式

$$u_i(r, \omega) = M_{jk} G'_{ij, k}(r, \omega) \quad (4)$$

因为所考虑的震源是同步源, 地震矩张量的 6 个元素在震源过程中具有相同的时间历史. 换句话说, 所考虑地震的震源机制在震源过程中都是恒定不变的, 所以, 在整个震源过程中, 震源在不同时刻发出的信息都可用作确定地震矩张量解的资料. 这就使我们利用少量的台站记录到的波形确定震源的矩张量解成为可能.

内蒙古 M_s5.9 地震发生后, 我们从中国数字地震台网(CDSN)的 10 个地震台得到了长周期波形资料. 台站的分布和这次地震的震中如图 2 所示. 我们对这 10 个台的观测资料作了如下处理: 首先, 将原始速度记录从地理坐标系的垂直-南北-东西分量经过旋转, 变换到震源坐标系的垂直-径向-切向方向, 并用 0.02~0.2 Hz 的三阶 Butterworth 带通滤波器进行滤波; 然后, 经积分变换成位移记录; 最后, 用 0.01~0.1 Hz 的三阶 Butterworth 带通滤波器, 对积分后的位移记录进行滤波. 在矩张量反演中, 我们同时使用了垂直分量和径向分量的 P 波波形.

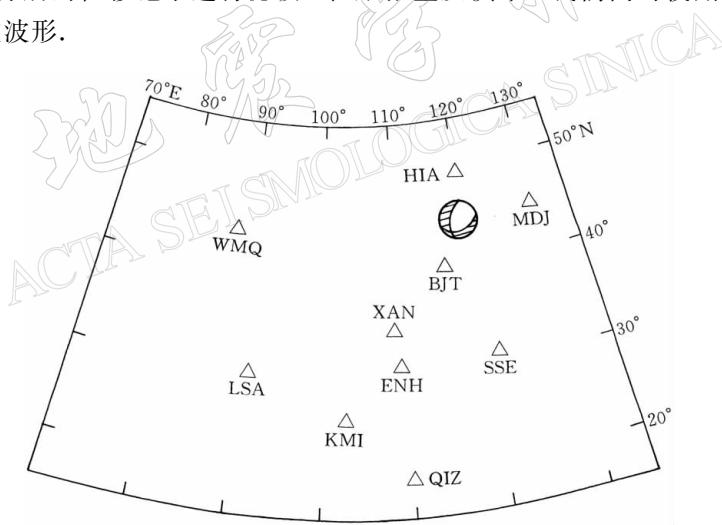


图 2 2003 年 8 月 16 日内蒙古 M_s5.9 地震的震中位置(用“海滩球”表示)
和中国数字地震台网(CDSN)的台站分布

在计算格林函数时, 我们采用反射-折射率方法 (Kennett, 1983), 并采用 IASPEI91 模型作为地震波传播介质的近似模型 (Kennett, Engdahl, 1991).

首先, 分别用垂直分量(Z)和径向分量(R)的 P 波波形进行反演; 然后, 同时利用两个分量(Z&R)的 P 波波形进行反演. 其反演结果见表 2.

地震矩张量是地震点源的一般性描述, 被描述的震源可以是爆炸源、位错源和单力源等 (Aki, Richards, 1980). 构造地震往往是位错源, 所以, 它的双力偶成分是主要成分. 对于内蒙古 M_s5.9 地震, 我们分析了其震源的爆炸成分 (M_{exp})、双力偶成分 (M_{dc}) 和补偿线

表 2 2003 年 8 月 16 日内蒙古地震的矩张量解 $10^{16} \text{ N} \cdot \text{m}$

分向	M_{11}	M_{12}	M_{13}	M_{22}	M_{23}	M_{33}	M_{exp}	M_{dc}	M_{clvd}
Z	3.14	-5.14	0.09	2.39	-1.37	-0.74	1.6	5.1	-1.2
R	0.86	0.14	-1.25	-0.74	-0.25	-2.05	-0.6	1.9	-0.1
$Z \& R$	1.45	-1.97	-0.43	1.36	-0.89	-1.21	0.5	2.4	-0.4

性矢量偶极成分(M_{clvd}). 如表 2 所示, 从垂直分向、径向分向或这两个分向的 P 波波形资料中得到的矩张量解中, 最佳双力偶成分都是主要成分. 例如, 同时利用两个分向的资料得到的矩张量解中, 其爆炸成分、双力偶成分和补偿线性矢量偶极成分的比分别为 5:24:4, 爆炸成分和补偿线性矢量偶极成分的含量相当, 但远远小于双力偶成分的含量. 这从一个侧面反映了反演结果的合理性. 我们认为, 同时从垂直分向和径向分向的资料中得到的最佳双力偶成分, 可以反映这次地震释放的地震矩, 其值为 $2.4 \times 10^{16} \text{ N} \cdot \text{m}$, 由此计算得到的这次地震的矩震级为 $M_w 5.5$.

表 3 给出了从不同分向的资料中得到的矩张量解中分离出的最佳双力偶解. 需要指出的是: ①无论从垂直分向、径向分向还是这两个分向的资料中, 我们都得到了正断层成分. 从垂直分向的资料中得到的两个节面的滑动角分别为 14° 和 -157° . 从径向分向的资料中得到的两个节面的滑动角分别为 -86° 和 -99° , 表明基本上是一个正断层. 同时从垂直分向和

表 3 2003 年 8 月 16 日内蒙古地震的矩张量解

分向	节面 I			节面 II		
	走向	倾角	滑动角	走向	倾角	滑动角
Z	90	68	-14	186	77	-157
R	99	66	-86	270	25	-99
$Z \& R$	76	51	-42	196	58	-133

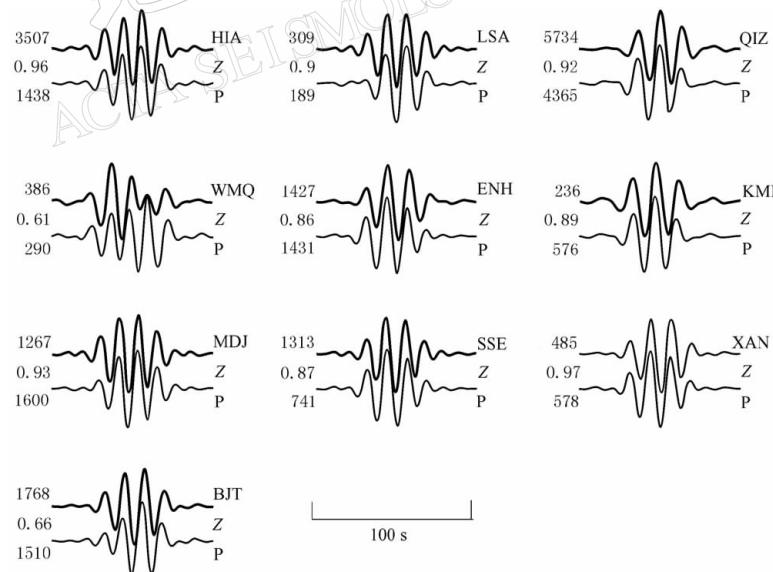


图 3 观测地震图(粗)和合成地震图(细)的比较. 观测波形和合成波形在比较之前都经过了 $0.05 \sim 0.1 \text{ Hz}$ 的 3 阶 Butterworth 带通滤波器. 每组波形的左边从上至下分别为观测波形的最大振幅、相关系数和合成波形的最大振幅. 振幅的单位为 counts. 每组波形的右边从上至下分别为台站、分向和震相

径向分向的资料中得到的两个节面的滑动角分别为 -42° 和 -133° ; ②第一个节面的走向相当稳定, 大体上是东西向。从垂直分向的资料中得到的第一个节面的走向为 90° 。从径向分向的资料中得到的第一个节面的走向为 99° 。同时从垂直分向和径向分向的资料中得到的第一个节面的走向为 76° 。结合震害的空间分布特征, 我们可以确认这个节面为本次地震的发震断层。换句话说, 2003年8月16日内蒙古 $M_S 5.9$ 地震发生在一个近东西走向的南倾的断层上。根据我们的反演结果, 断层运动的正断层分量和左旋走滑分量基本相当。

我们用走向 76° 、倾角 51° 、滑动角 -42° 的节面参数计算了合成地震图, 并和观测地震图进行了比较。比较表明, 波形的主要特征都可得到解释。图3展示了CDSN 10个台垂直分向的P波波形拟合的情况。可以看出, 除WMQ台的相关系数较小外0.61, 其它台站的相关系数都相当高。

内蒙古 $M_S 5.9$ 地震发生以后, 美国哈佛大学(Harvard)、美国地震调查局(USGS)、中国地震局地震预测研究所(IESCEA)和中国地震局地球物理研究所(IGCEA)本课题组, 利用不同的资料组快速确定了这次地震的震源机制。图4给出了这些结果的几何表示, 具体参数如表4所示。从中可以注意到, 我们得到的结果能够更好地解释余震的分布和震害的分布特征。

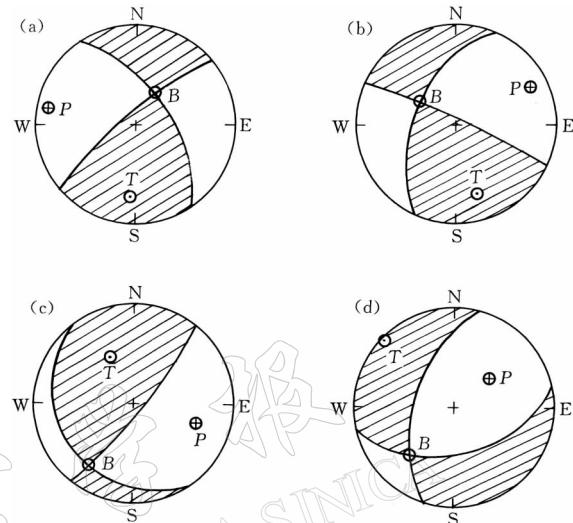


图4 不同机构给出的2003年8月16日内蒙古 $M_S 5.9$ 地震的震源机制解。

(a) 美国哈佛大学(Harvard); (b) 美国地质调查局(USGS); (c) 中国地震局地震预测研究所(IESCEA); (d) 本文得到的最新结果(IGCEA)

表4 2003年8月16日内蒙古地震震源参数测定结果

发震时刻 (UTC)	震中位置		深度 /km	M_0 $/10^{17}$	震级	节面 I			节面 II			资料 来源
	$\varphi_N/^\circ$	$\lambda_E/^\circ$				M_S	M_w	M_b	走向 ($^\circ$)	倾角 ($^\circ$)	滑动角 ($^\circ$)	
10:58:47.8	43.88	119.48	23	1.4	5.4	325	62	12	220	79	152	Harvard
10:58:42.8	43.81	119.57	26	1.5	5.4	202	56	174	296	85	34	USGS
10:58:44.7	43.90	119.70	10	0.6	5.9 4.9	38	83	114	142	25	16	IESCEA
10:58:41.7	43.90	119.70		0.4	5.0	70	80	-51	172	40	-165	IGCEA ¹
				2.4	5.2	76	51	-42	196	58	-133	IGCEA ²

3 震害特征与震源性质的关系

2003年8月16日内蒙古 $M_S 5.9$ 地震的震害分布的一般特征能够用震源机制得到比较好地解释。从图1可以看出, 等震线呈椭圆状, 其长轴为近东西向, 这与发震断层近东西向展布非常一致。这一现象在其它的震例中也有发现(许力生等, 2002)。表明椭圆状等震线的长轴的方向是由发震断层的走向决定的。我们注意到主震和余震都分布在等震线长轴

的南侧(图 1), 表明断层是向南倾斜的。我们的反演结果支持这一推论。另外, 根据震后调查, 位于震中东边的西山湾村震害较重。笔者在该村调查震害时, 村民普遍反映地震时有巨大地声由西向东传来, 表明断层的破裂主要是由西向东传播的。西山湾村的较重震害可以由断层破裂传播的多普勒效应得到解释。破裂传播的方向性对断层附近的地面运动的影响已经有不少观测证据(Archuleta, Hartzell, 1981; Anderson *et al*, 1986; Somerville *et al*, 1997)。破裂传播的方向性对地面运动的高频成分和低频成分都有影响。在与破裂方向一致的方向上, 破裂的方向性使高频成分的幅度增强而周期变短; 在与破裂方向相反的方向上, 破裂的方向性使低频成分的幅度减低而周期变长(Anderson *et al*, 1986)。破裂的方向性还会引起断层附近长周期波的相长干涉从而产生对 10 层~25 层建筑尤其有害的速度大脉冲(Archuleta, Hartzell, 1981; Luco, Anderson, 1983; Somerville *et al*, 1997)。这是断层的运动学特性对震害特征的影响。

4 讨论与结论

根据震后的野外调查, 2003 年 8 月 16 日内蒙古 $M_{\text{S}}5.9$ 地震造成的震害呈椭圆状分布。其长轴为东西向, 震中以东的震害比震中以西的震害严重。这次地震造成的实际的震害区面积比根据衰减关系得到的面积大。地震的震中位于Ⅷ度烈度区, 面积为 169 km^2 , 远大于根据衰减关系得到的Ⅷ度区的面积。相应地, Ⅶ度区、Ⅵ度区面积也明显大于根据衰减关系计算的结果。而且注意到, 受损的大多数房屋主要以土木结构和砖木结构的单层建筑为主。

单层土木和砖木结构建筑物对地震波高频成分比较敏感, 而加速度峰值是对地震波中高频成分的反映。2003 年 8 月 16 日内蒙古 $M_{\text{S}}5.9$ 地震造成了大面积单层土木和砖木结构建筑物的破坏, 且地震时有巨大的地声, 表明地震波中高频成分丰富, 加速度峰值较大。尽管我们没有得到这次地震的近场加速度记录, 但是, 世界上有许多震例的近场加速度记录都表明中强地震的峰值加速度过大(表 5)。大地震断层的滑动量往往较大, 而中强地震断层的滑动量相对较小。滑动量大的断层往往主要激发低频地震波, 而滑动量小的断层往往主要激发高频地震波(Anderson *et al*, 2000; Tsai, Huang, 2000)。区域应力场对高频成分也有影响, 高应力场的介质激发的高频地震波较强(Spudich *et al*, 1999)。内蒙古 $M_{\text{S}}5.9$ 地震较强的高频成分和强烈的地声存在, 似乎表明地下岩体比较完整、介质刚度较大。事实上, 此次地震发生的地区其地震活动水平较低。Sondergeld 和 Estey(1981)在花岗岩的循环加载实验中发现, 声发射波形的低频成分随着岩石内部损伤程度的增加而增强; 完整岩石破裂试验的声发射试验和预制断层面的岩石破裂试验表明, 完整岩石破裂的声发射频谱比预制断层岩石破裂声发射频谱的频率高一个数量级。关于岩石变形声发射频谱的变化有不少研究, 总体的认识是岩石变形的声发射频率与微破裂尺度和岩石本身的物理性质有关(Zhao, 1986; 刘力强等, 2001)。

因此我们认为, 2003 年 8 月 16 日内蒙古 $M_{\text{S}}5.9$ 地震虽然没有造成明显的地表断层出

表 5 中强地震($M_{\text{4.7}} \sim M_{\text{5.9}}$)产生大的峰值加速度记录条数*

加速度峰值 $/10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$	全球	美国加州
300~400	39	24
400~500	28	20
500~600	8	5
>600	9	4

* 根据强震记录数据库整理。

露, 但造成的震害比较严重, 其很重要的原因之一可能是震源区介质比较完整, 造成的高频地面运动比较丰富。

通过反演中国数字地震台网(CDSN)的长周期波形资料确定的这次地震的震源机制解和震害分布特征表明, 2003年8月16日内蒙古Ms5.9地震, 发生在一个近东西走向的南倾的断层上, 断层运动的正断层分量和左旋走滑分量基本相当。其爆炸成分、双力偶成分和补偿线性矢量偶极成分的比为5:24:4, 爆炸成分和补偿线性矢量偶极成分相当, 远远小于双力偶成分。这次地震释放的地震矩为 2.4×10^{16} N·m, 矩震级为M_w5.5。发震断层的东西走向基本上对应于震害分布的东西走向, 这说明断层的走向基本上控制了震害分布的走势。

尽管我们没有足够的地震观测资料通过反演确定这次地震的破裂传播过程, 但从震后调查资料中获知, 这次地震总体上具有从西向东传播的单侧破裂特征。这一运动学特征为震中以东的震害分布比较严重的事提供了合理地解释。

通过对震害分布、震源机制、断层运动、震源区介质物理性质的综合分析, 我们认为以震级和震中距或震源距为参数的地震衰减关系, 一般不足以描述近源区的强地面运动特征。地震的震源机制、断层的运动特性以及震源区介质的物理性质, 对近场强地面运动也起着不可忽视的作用, 因此, 工程结构抗震设计应当逐步考虑具体地区可能的地震震源机制、断层运动以及孕震介质的物理性质。重大工程抗震设计参数的确定尤其要重视特定的地震环境(震源机制、震源区介质物理性质、断层运动特点等)。

地震等震线是在地震应急科考工作调查小组基础资料的基础上确定的; 袁一凡研究员具体指导了地震烈度的评定工作; 内蒙古自治区地震局和辽宁省地震局现场测震组、地震测震预报分析组提供了余震目录。在此一并表示衷心地感谢。

参 考 文 献

- 陈运泰, 吴忠良, 王培德, 等. 2000. 数字地震学[M]. 北京: 地震出版社, 1~171
- 刘力强, 马胜利, 马瑾, 等. 2001. 不同结构岩石标本声发射b值和频谱的时间扫描及其物理意义[J]. 地震地质, 23(4): 481~492
- 许力生, 陈运泰. 1997. 用数字化宽频带波形资料反演共和地震的震源参数[J]. 地震学报, 19(2): 113~128
- 许力生, 陈运泰, 高孟潭. 2002. 2001年1月26日印度古杰拉特(Gujarat)Ms7.8地震时空破裂过程[J]. 地震学报, 24(5): 447~461
- 中华人民共和国国家标准. 1999. 中国地震烈度表, GB/T17742-1999[M]. 北京: 中国标准出版社, 3
- Aki K, Richards P G. 1980. *Quantitative Seismology: Theory and Methods*. Vols. 1, 2[M]. San Francisco: Freeman, 1~932. 中译本: 安艺敬一, 理查兹. 1986. 定量地震学(一), (二)[M]. 北京: 地震出版社, 1~1 027
- Anderson J G, Bodin P, Brune J, et al. 1986. Strong ground motion and source mechanism of the Mexico earthquake of September 19, 1985[J]. *Science*, 233: 1 043~1 049
- Anderson J G, Brune J N, Anooshehpoor R, et al. 2000. New ground motion data and concepts in seismic hazard analysis [J]. *Current Science*, 79: 1 278~1 290
- Archuleta R J, Hartzell S H. 1981. Effects on fault finiteness on near-source ground motion[J]. *Bull Seism Soc Amer*, 71: 939~957
- Kennett B L N. 1983. *Seismic Wave Propagation in Stratified Media*[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1~339
- Kennett B L N, Engdahl E R. 1991. Travel times for global earthquake location and phase identification[J]. *Geophys J*

Int., **105**, 429~465

Lay T, Wallace T C. 1995. *Modern Global Seismology*[M]. San Diego: Academic Press, 1~521

Luco J E, Anderson J G. 1983. Steady state response of an elastic half-space to a moving dislocation of finite fault[J]. *Bull Seism Soc Amer*, **73**: 1~22

Somerville O G, Smith N F, Graves R W, *et al.* 1997. Modification of empirical strong ground motion attenuation relations to include the amplitude and duration effects of rupture directivity[J]. *Seism Res Lett*, **68**, 199~222

Sondergeld C H, Estey L H. 1981. Acoustic emission study during the cyclic loading of Westerly granite[J]. *J Geophys Res*, **86**, 2 915~2 924

Spudich P, Joyner W B, Lindh A G, *et al.* 1999. SEA99: A revised ground motion prediction relation for use in extensional tectonic regimes[J]. *Bull Seism Soc Amer*, **89**, 1 156~1 170

Tsai Y B, Huang M W. 2000. Strong ground motion characteristics of the Chi-Chi, Taiwan earthquake of September 21, 1999[J]. *Earthq Engin and Engin Seism*, **2**, 1~21

Wang Suyun, Gao Ajia, Yan Xuijie. 2000. Development of attenuation relations for ground motion in China[J]. *Journal of Earthquake Prediction Research*, **8**(1), 32~40

Zhao Shuqing. 1986. Frequency spectra characteristics of acoustic emission signals during fracturing of rock specimen and a discussion of earthquake prediction[A]. In: Pu Guangzhi ed. *Advances in Science of China-Earth Science*[C]. Beijing: Science Press, 19~34

SPATIAL DAMAGE DISTRIBUTION OF AUGUST 16, 2003, INNER MONGOLIA, CHINA, $M_s=5.9$ EARTH- QUAKE AND ANALYSIS

Gao Mengtan¹⁾ Xu Lisheng¹⁾ Guo Wensheng²⁾ Wan Bo³⁾ Yu Yanxiang¹⁾

1) Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China

2) Earthquake Administration of Inner Mongolia Autonomous Region, Hohhot 010051, China

3) Earthquake Administration of Liaoning Province, Shenyang 110031, China

Abstract: The spatial damage distribution of August 16, 2003, Inner Mongolia, China, $M_s=5.9$ earthquake is summarized through field investigation. The moment tensor solution and focal mechanism are inverted using the digital long-period waveform records of China Digital Seismograph Network (CDSN). The relation between the spatial damage distribution and focal mechanism is analyzed according to the focal mechanism, the aftershock distribution and the spatial damage distribution. The possible relation between the characteristics of ground motion and the tectonic background of the source region is discussed in terms of the global ground motion records, historical earthquake documents and the damage distribution. Investigation reveals that the meizoseismal region is in east-west direction, which is consistent with the nodal plane of focal mechanism inversion. The meizoseismal area is relatively large and the damage of single-story adobe houses or masonry houses is more severe. This may have relations with local seismotectonic environment.

Key words: Inner Mongolia earthquake; damage distribution; focal mechanism; origin of damage