

中国西部地区地震烈度衰减关系¹

肖亮 俞言祥

(中国地震局地球物理研究所, 北京 100081)

摘要 本文收集了1991年之后我国西部地区71个地震的烈度等震线资料,并以此对1918—1989年间176次地震的烈度资料进行了补充,采用长、短轴椭圆模型重新拟合了西部地区的分区地震烈度衰减关系。结果表明,新疆区和川藏区2个统计单元内地震烈度衰减关系有显著不同,应作为不同的分区对待。同时与其他研究者给出的该地区地震烈度衰减关系的对比结果显示,本文结果合理可靠,体现了近、远场地震烈度分布的特点,适合于该地区工程地震研究和应用。

关键词: 西部地区 地震烈度 衰减关系

引言

地震烈度作为表征地震动强弱的指标之一,在工程地震等方面被广泛使用。研究地震烈度的衰减关系,对于我国工程应用、抗震设防等具有重要意义。我国西部地区地震活动性强,已有的地震资料较多,有利于建立该地区地震烈度衰减关系。我国许多研究者已经对西部地区的烈度衰减关系做过研究,并给出了一些适用于各研究区的衰减关系(孙继浩等,2011;雷建成等,2007;周中红等,2010;谭明等,2011)。这些衰减关系从资料挑选到模型选取都有各自的特点,大多是对局部区域的烈度衰减特征进行研究,局限之处在于缺乏对我国西部整体大尺度的烈度衰减差异性特征的反映;在大尺度上,汪素云等(2000)给出的西部地区地震烈度衰减关系早已被广泛应用于工程抗震设防研究,但作者当时收集的该地区地震烈度资料截止于1990年。而1990年至今该地区又发生了多次地震,获得了多组地震烈度资料。这些地震烈度资料可作为1990年之前地震烈度资料的补充,对研究该地区在大尺度上的地震烈度衰减关系具有重要意义。本文利用新近补充的西部地区地震烈度资料,采用长、短轴椭圆模型,重新拟合了西部地区的地震烈度衰减关系。

1 地震烈度资料与衰减模型

1.1 地震资料

1 基金项目 中国地震动区划图编制项目资助

[收稿日期] 2011-07-26

[作者简介] 肖亮,男,生于1984年。中国地震局地球物理研究所博士研究生。2006年北京大学地球物理专业毕业,获学士学位。曾从事利用地震波到时进行JHD联合反演方面的研究工作,现从事地震动参数衰减关系的研究。

E-mail: xl_jack@163.com

通讯作者 俞言祥, E-mail: yuyx@cea-igp.ac.cn

中国地震动参数区划图(2001)进行烈度衰减关系统计时将全国划分为2个区,即东部地区和西部地区。而西部地区幅员辽阔,地质构造复杂,其内部的烈度衰减也可能存在区域特征。汪素云等(2007; 2008)在对地壳内横波衰减及非弹性衰减品质因子 Q_0 的研究时指出,西部地区内部可能存在不同的衰减特征,如四川盆地为低衰减区,而天山西部具有高衰减特征。参考其研究结果,本文将西部地区划分为川藏区和新疆区2个独立的地震烈度衰减关系统计单元进行分别研究。川藏区为川藏地震区的全部区域(包括西昆仑—帕米尔地震带、龙门山地震带、六盘山—祁连山地震带、柴达木—阿尔金地震带、巴颜喀拉山地震带、鲜水河—滇东地震带、喜马拉雅地震带、滇西南地震带、藏中地震带);新疆区为新疆地震区除塔里木—阿拉善地震带的其它区域(包括阿尔泰山地震带、北天山地震带、中天山地震带、南天山地震带)。在这2个统计单元内对烈度衰减特征进行分析,结果显示在烈度衰减上新疆区与川藏区具有较为明显的差异,应当进行区别对待。

本文采用的地震烈度等震线资料,其震级 M 和烈度 I 都是独立测定的,这样在进行地震烈度衰减关系拟合时可以避免 I 与 M 之间的相关性影响。由于缺少宏观实地调查资料,部分等震线用虚线勾画的地震,只采用了实线可控制地区的长或短轴资料。依照上述原则,共选取了发生在西部地区的247个4.0级以上地震的等震线图,其中有176个地震资料来自第四代区划图使用的烈度资料(汪素云等,2000)。另外新增了1991—2008年的71个地震烈度资料,其中大部分来自《中国地震年鉴》(中国地震年鉴编辑部,1991—2004),少数来自独立的地震现场烈度勘查报告或刊载烈度资料,部分震级亦参考相关文章(吴中海等,2007;石广岭等,2008;陈惠等,2007)。最终进行烈度衰减关系确定的为来自这247个地震共958条等震线记录。表1给出了所选用地震资料随震级的分布情况。

表1 地震震级分布表

Table 1 List of distribution of earthquake magnitude

震级 (M)	4.0—4.4	4.5—4.9	5.0—5.4	5.5—5.9	6.0—6.4	6.5—6.9	7.0—7.4	7.5—7.9	≥ 8.0	合计
新疆	0	1	8	11	10	7	4	1	3	45
川藏	2	3	71	38	33	27	17	7	4	202
合计	2	4	79	49	43	334	21	8	7	247

根据《中国地震烈度区划图(1990)概论》(国家地震局,1996)所述,在地震烈度衰减关系的统计中,采用长轴不转向与长轴可转向数据的拟合结果差异不大。因此,在工作中量取等震线长、短轴数据时,采用了长轴可转向的方法,也就是说,以每条等震线最长方向的半径为长轴半径,与之相垂直的方向为短轴半径。

在极震区,最内圈等烈度线烈度值等同于震中烈度的区域,要求烈度在该区内任一点取相同值。为了使烈度衰减曲线达到这样的要求,工作中采取了进行近场补点的方法,即在极震区内不同距离上适当增补一些数据点,该补点仅在震中烈度Ⅶ度以上和最内圈等震线半径 $>5\text{km}$ 情况下进行。另外,为了体现远场区发震构造影响消失,衰减形状趋于圆形的特点,取有感范围的半径作为远场控制点,有感烈度值为3—4度,称为远场补点。有感半径与震级的关系如表2所示(汪素云等,1993)。

表 2 有感半径与震级的关系表 (汪素云等, 1993)

Table 2 Relationship of sensible radius to magnitude (Wang et al., 1993)

震级 (M)	4	$4\frac{1}{4}$	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{3}{4}$	5	$5\frac{1}{4}$	$5\frac{1}{2}$	$5\frac{3}{4}$	6	$6\frac{1}{2}$	7	$7\frac{1}{2}$	8	$8\frac{1}{2}$
有感半径 (km)	15	25	40	75	150	170	200	230	260	340	450	600	800	1100

表 3 给出了工作中新收集的 1991—2008 年西部地区共计 71 个地震的等震线资料 (未补点前)。

表 3 新增等震线资料 (1991—2008 年)

Table 3 List of recently imported intensity data (1991—2008)

序号	发震时间	烈度	长轴 (km)	短轴 (km)	震级 (M_S)	地点
川 藏 区						
1	1991.1.2	VI	8.0		5.1	青海祁连
		V	23.5			
		IV	42.5			
2	1991.2.18	V	24.6		5.0	四川小金
3	1991.3.11	VI	11.0	2.5	4.8	甘肃甘德
		V	23.8	13.0		
		IV	37.5	27.5		
4	1991.5.22	V		5.0	4.0	甘肃永登东
		IV		17.5		
		III		33.1		
5	1991.7.1	VII	2.9	1.1	5.0	云南保山施甸
		VI		4.8		
6	1991.7.22	VII	2.0	1.2	5.2	云南保山施甸
		VI		4.8		
7	1991.9.20	VI	31.2	22.8	5.3	青海塘格木
		V		33.8		
8	1991.10.1	VI		15.0	5.2	青海门源
		V		37.5		
9	1991.10.30	V	14.0	6.3	4.7	宁夏同心
		IV	100.0	72.5		
10	1992.1.12	VI	6.0	4.5	5.4	甘肃嘉峪关南
		V		21.5		
11	1992.5.17	VI		6.5	5.0	青海共和

续表

序号	发震时间	烈度	长轴 (km)	短轴 (km)	震级 (M_s)	地 点
		V		20.0		
12	1992.7.30	VII	8.0	4.4	6.5	西藏尼木
		V	56.4			
13	1992.8.17	VII	1.5	0.8	5.1	西藏墨竹工卡
14	1992.11.30	VII	12.0		5.1	四川甘孜石渠
		VI	42.5			
15	1992.12.21	V	70.0	42.5	5.2	青海诺木洪北
16	1993.1.27	VIII	3.8	1.7	6.3	云南普洱
		VII	8.3	4.0		
		VI	22.5	18.5		
17	1993.3.20	VIII	9.4	5.7	6.6	西藏拉孜-昂仁
		VII	24.0			
		VI	43.1			
18	1993.7.11	VI	9.5	4.5	4.2	宁夏固原
		V	29.0	16.0		
19	1993.9.5	VI		8.7	5.1	青海格尔木
20	1993.10.26	V	56.0		6.0	青海祁连
		IV	90.0	56.0		
21	1994.1.3	VIII	13.0	3.5	6.0	青海共和
		VII	19.8	7.4		
		VI	33.1	16.2		
		V	45.2			
22	1994.1.12	VI	8.8	3.9	5.6	新疆疏附
		V	14.6	11.1		
23	1994.2.16	VII		6.0	5.8	青海共和
		VI		18.0		
24	194.9.4	VI	5.2	2.0	5.3	青海共和
		V	12.0			
25	1994.9.19	VI	10.5	3.0	5.2	云南景谷
26	1994.9.24	VII	6.0	2.5	5.5	青海共和
		VI	14.0			
		V	21.5			
27	1995.4.25	VII	6.7	1.5	5.6	云南省金平

		VI	14.0	3.4		
续表						
序号	发震时间	烈度	长轴 (km)	短轴 (km)	震级 (M_S)	地 点
28	1995.7.22	VIII	6.6	2.9	5.8	甘肃永登
		VII	12.4	7.5		
		VI	21.8	18.4		
29	1996.6.1	VI	12.4	10.4	5.4	甘肃天祝-古浪
		V	24.3	23.5		
30	1997.1.30	VII	7.1	3.1	5.5	云南省景洪-江城
		VI		14.5		
31	1997.11.3	VII	13.5	4.5	5.6	西藏吉隆
		VI	44.5			
32	1998.7.20	VII		30.0	6.1	西藏谢通门
		VI		48.0		
33	1998.7.29	VI	14.0	10.3	4.7	宁夏海原
		V	29.5	24.0		
34	1999.3.18	V	7.8	4.7	5.0	宁夏中宁
35	1999.6.1	VII	1.4	0.9	5.0	西藏昌都地区芒康县盐井
		VI	30.0	15.0		
36	1999.9.27	VI	2.0		5.0	青海省河南县
		V	7.7			
37	1999.11.26	VI	18.5		5.0	青海省玛沁
38	1999.11.30	VI	2.0	1.0	5.0	四川省绵竹汉旺
		V	20.0	5.0		
39	2000.9.12	VIII	10.0	5.0	6.7	青海省兴海
		VII	21.3	11.8		
		VI	43.8	26.5		
		V	68.3	53.3		
40	2001.3.12	VI	14.8	9.8	5.0	云南省澜沧
41	2001.4.12	VIII	8.8	1.3	5.9	云南省施甸
		VII	15.8	13.3		
		VI	35.4	28.4		
42	2001.6.8	VI	14.0	10.5	5.3	云南省施甸
43	2001.7.11	VI		6.5	5.3	甘肃省肃南
44	2001.9.4	VI	15.3	10.2	5.0	云南省景谷
45	2002.12.14	VII	11.5	6.5	5.9	甘肃省玉门

续表

序号	发震时间	烈度	长轴 (km)	短轴 (km)	震级 (M_S)	地 点
		VI	41.1	22.3		
46	2002.12.25	VI		25.2	5.7	新疆维吾尔自治区乌恰
47	2003.10.25	VIII	12.5	5.0	6.1	甘肃省民乐-山丹
		VII	25.0	16.0		
		VI	42.0	31.0		
48	2003.11.13	VIII	2.0	1.5	5.2	甘肃省岷县-临潭
		VII	5.0	2.5		
		VI	7.5	4.5		
49	2004.3.7	VII	13.0	6.5	5.6	西藏懂错
		VI	31.0	14.0		
		V	47.5	26.0		
50	2004.9.7	VII	5.9	4.1	5.0	甘肃省岷县-卓尼
		VI	13.1	9.6		
51	2004.10.19	VI	14.0	8.0	5.0	云南省保山市隆阳区
52	2006.6.21	VI	8.1	4.4	5.0	甘肃省文县
		V	19.1	12.5		
53	2007.6.3	VIII	10.8	4.5	6.4	云南宁洱
		VII	18.2	13.1		
		VI	34.2	29.0		
54	2008.5.12	XI	33.0	10.0	8.0	四川汶川
		XI	41.0	7.5		
		X	112.1	14.0		
		IX	159.0	22.5		
		VIII	206.5	57.5		
		VII	283.0	133.5		
55	2008.10.5	VII	30.0	22.0	6.8	新疆乌恰
		VI	130.0	42.0		
新 疆 区						
56	1991.2.25	VIII	9.0	3.5	6.5	新疆阿克苏地区柯坪
		VII		10.5		
57	1991.6.6	V	6.5	3.5	5.2	新疆乌鲁木齐阿拉沟
		IV	36.5	20.0		
58	1991.8.19	VII	2.3	1.5	5.6	新疆和布克赛尔
		VI	16.0	11.0		

序号	发震时间	烈度	长轴 (km)	短轴 (km)	震级 (M_S)	地点
		V	41.5	34.0		
续表						
59	1993.2.3	VI	16.0	7.0	5.4	新疆和静
60	1995.5.2	V		25.0	5.8	新疆乌苏南
61	1995.9.26	VI	26.0	15.0	5.3	新疆拜城西南
		V	62.0			
62	1996.3.19	IX	13.8	5.0	6.9	新疆阿图什北
		VII	51.5			
		VI	19.6			
63	1998.6.25	V	27.0		5.1	新疆温宿县北
64	1998.7.28	VI		8.9	5.4	新疆拜城西南
65	1998.8.2	VII	10.0	3.6	6.1	新疆伽师
		VII	12.8	2.0		
		VII	4.8	2.0		
		VI	30.0	20.0		
66	1998.8.27	VIII	16.6		6.4	新疆伽师
67	1999.3.15	VI		19.0	5.7	新疆库车县
68	2001.3.24	V	21.3	12.4	4.7	新疆和静
69	2003.1.4	VI	22.8	6.5	5.4	新疆维吾尔自治区伽师
70	2003.2.24	IX	19.0	7.0	6.8	新疆维吾尔自治区巴楚-伽师
		VIII	29.0	21.0		
		VII	47.5	46.0		
		VI	90.0	65.5		
71	2007.7.20	VII	55.0	36.0	5.7	新疆维吾尔自治区伊犁自治州伊犁哈萨克自治州特克斯县

图 1 和图 2 给出了西部地区 2 个衰减关系统计单元（即川藏区和新疆区）内地震烈度等震线的 $M-R$ 分布关系，其中 M 为面波震级 M_S ； R 为半长、短轴。可以看出，在各统计单元内， $M-R$ 分布较为理想，适合于进行统计回归。根据数据范围可以推定回归得到的衰减关系适用范围为震级 5.0—8.0，距离为 0—400km。

1.2 回归模型与方法

我国西部地区由于断层破裂尺度的影响，在宏观上等烈度线呈椭圆分布，即沿发震断层方向烈度衰减较慢，而与断层垂直方向上烈度衰减较快，衰减快慢的方向差别到了远场逐渐消失，等震线又趋于圆形（胡聿贤，1999）。本文使用椭圆长、短轴联合衰减模型（陈达生等，1989）来反映这种椭圆分布的特性。该模型可以保证长、短轴在 $R=0$ 时烈度相近，而中间距离

仍保持长、短轴烈度的差别，同时在远场也使等震线成圆形。该联合衰减模型的衰减方程为：

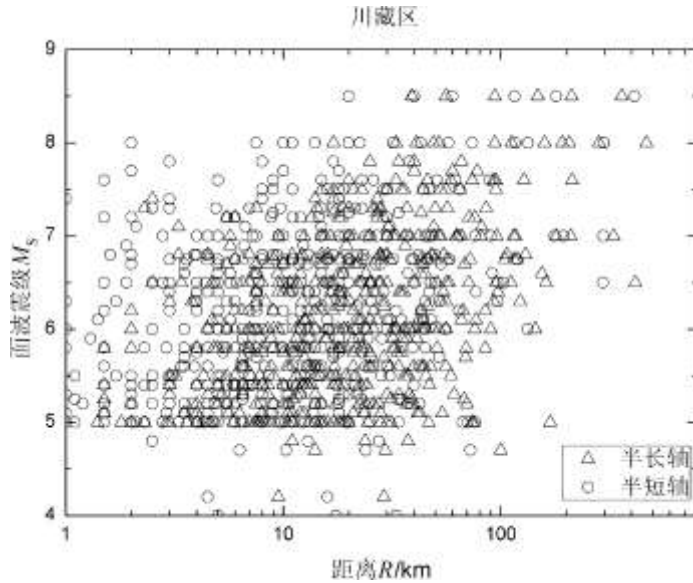


图 1 川藏区等震线资料的震级-距离关系

Fig. 1 Distribution of magnitude-distance pairs of intensity data in Chuanzang Region

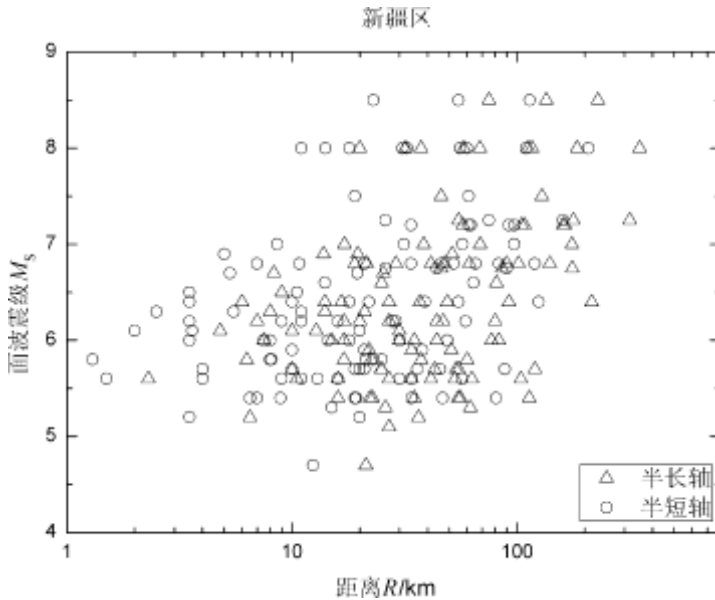


图 2 新疆区等震线资料的震级-距离关系

Fig. 2 Distribution of magnitude-distance pairs of intensity data in Xinjiang Region

$$I = a + bM + c_1 \lg(R_1 + R_{0a}) + c_2 \lg(R_2 + R_{0b}) + \varepsilon \tag{1}$$

式中， I 为地震烈度； M 为震级； R_{0a} 、 R_{0b} 分别为长、短轴两方向烈度衰减的近场饱和因子； R_1 、 R_2 分别为烈度为 I 的椭圆等震线的半长轴和半短轴长度； a 、 b 、 c_1 、 c_2 均为回归系数；

ε 为回归分析中表示不确定性的随机变量, 通常假定为对数正态分布, 其均值为 0, 标准差为 σ 。

采用近、远场补点后的等震线长、短轴数据 (即等震线的外包线), 使用最小二乘法进行统计回归后, 得到我国西部分区地震烈度衰减关系, 表 4 给出了地震烈度衰减关系回归系数。

表 4 中国西部分区地震烈度衰减系数

Table 4 Coefficients of earthquake intensity attenuation relationship in the western China

a	b	c	R_0	σ	分区
5.6018	1.4347	-4.4899	25	0.5924	新疆区
3.6113	1.4347	-3.8477	13	0.5924	
6.458	1.2746	-4.4709	25	0.6636	川藏区
3.3682	1.2746	-3.3119	9	0.6636	
6.2513	1.3046	-4.4496	25	0.6761	西部地区
3.4575	1.3046	-3.4264	10	0.6761	

注: 各分区衰减关系的第一行为长轴衰减; 第二行为短轴衰减。

2 回归结果与分析

图 3 和图 4 分别给出了西部地区 2 个衰减关系统计单元 (川藏区和新疆区) 内地震烈度等震线实际资料与地震烈度衰减关系曲线的拟合情况。从图中可以看出, 回归结果与实际资料的拟合程度较好, 能较好地表现不同震级地震烈度的分布情况, 同时在远场也能满足有感范围的约束, 说明回归结果是可靠、合理的。回归得到的标准差在 0.5—0.8 之间, 充分显示了烈度分布的不确定性。

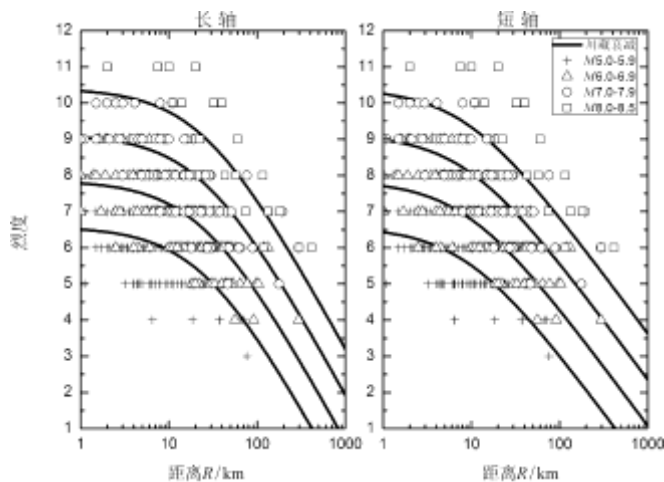


图 3 川藏区等震线资料与拟合曲线对比图

Fig. 3 Magnitude and distance scaling of the attenuation relationship of intensity in Chuangzang region, together with plots of intensity record data

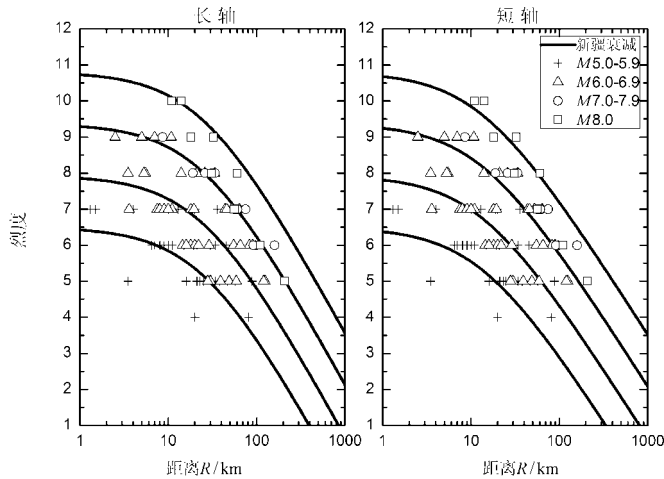
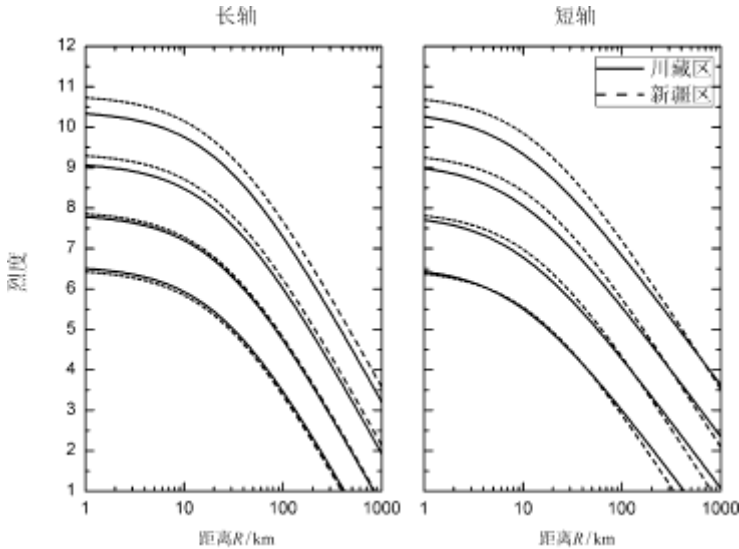


图 4 新疆区等震线资料与拟合曲线对比图

Fig. 4 Magnitude and distance scaling of the attenuation relationship of intensity in Xinjiang region, together with plots of intensity record data

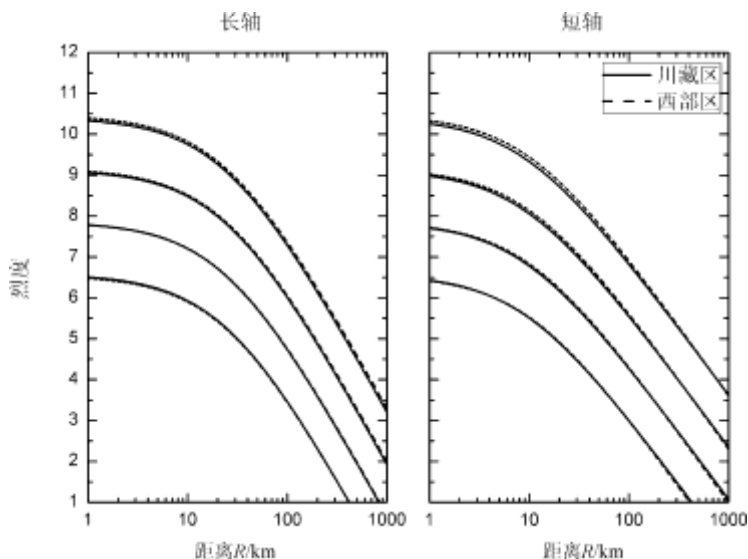
图 5—图 7 给出了不同统计单元之间得到的烈度衰减关系的对比图。从图中可以看出：新疆区烈度衰减曲线总体上要高于川藏区；将新疆区与川藏区合起来作为西部地区统计单元进行统计，得到的衰减关系曲线与川藏区相似，且低于新疆区的结果，这是因为川藏区地震资料数量远大于新疆区，在西部地区统计单元内占较大权重。由此可知，将新疆区、川藏区独立出来作为统计单元进行地震烈度衰减关系统计，可更好地体现新疆地区地震烈度较高的特点，同时也说明采用该分区方法进行烈度衰减关系统计的做法是合理的。



从下至上依次表示 $M_s=5、6、7、8$

图 5 川藏区与新疆区烈度衰减关系对比图

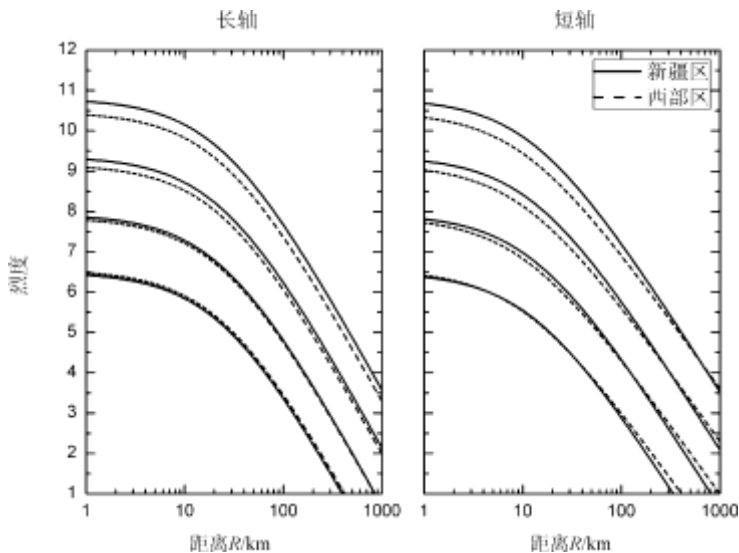
Fig. 5 Comparison of attenuation curves between Chuangzang and Xinjiang region



从下至上依次表示 $M_S=5、6、7、8$

图 6 川藏区与西部区烈度衰减关系对比图

Fig. 6 Comparison of attenuation curves between Chuangzang region and Western China



从下至上依次表示 $M_S=5、6、7、8$

图 7 新疆区与西部区烈度衰减关系对比图

Fig. 7 Comparison of attenuation curves between Xinjiang region and Western China

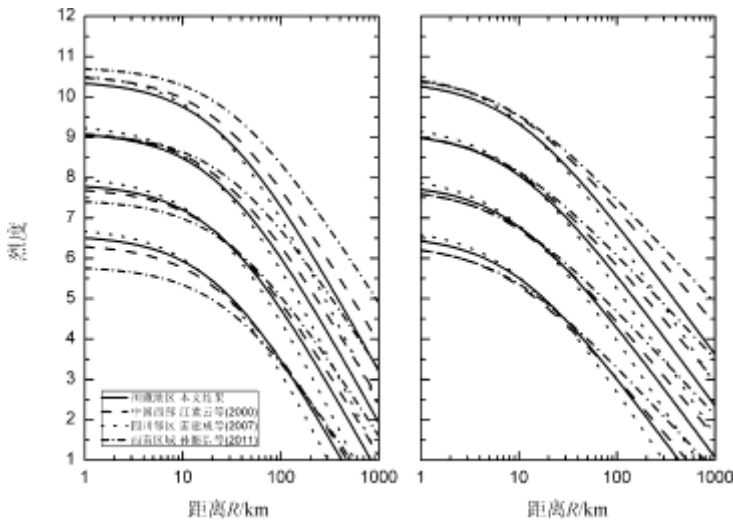
3 对比与讨论

中国西部地区幅员辽阔，地震活动性强，地震烈度资料丰富，很多研究者对该地区烈度

衰减关系进行过研究。如汪素云等（2000）采用 1990 年之前的资料，对中国西部地区衰减关系进行了统计回归；雷建成等（2007）搜集了西南地区 96 次、四川盆地 40 次近代破坏性地震资料，对四川及邻区地震烈度衰减关系进行了研究；孙继浩等（2011）选取川滇及其邻区 6 级以上历史地震的数字等震线资料，建立了该地区长、短轴地震烈度衰减关系；周中红等（2010）选取了甘肃省内 20 次地震的烈度资料，回归得到了适合该地区特点的地震烈度衰减关系；谭明等（2011）通过对新疆地区 107 幅破坏性地震的烈度等震线资料的研究，统计回归得出了新疆地区的地震烈度衰减关系。

图 8 和图 9 给出了本文结果与其他研究者结果的对比图。从对比结果可以看出，总体上本文结果与其他研究者结果具有相似性。在川藏区的远场范围，本文结果略低于汪素云等（2000）、雷建成等（2007）、孙继浩等（2011）的结果。这在高震级表现的尤其明显，其主要原因是本文采用了远场补点，从结果上来看符合远场有感范围的认识，而孙继浩等（2011）没有采用远场补点对有感范围进行约束，所以其远场结果偏高。汪素云等（2000）的结果为整个西部地区的衰减关系，雷建成等（2007）采用的远场补点根据的是四川及邻区的有感半径与震级的关系，这些区别导致了在远场本文结果与这二者存在一定的差异；而在近场范围内本文结果体现出长、短轴烈度的一致性，在 $R < 10\text{km}$ 范围内的长、短轴方向烈度估计值与其他三者相差 0.2 度左右。

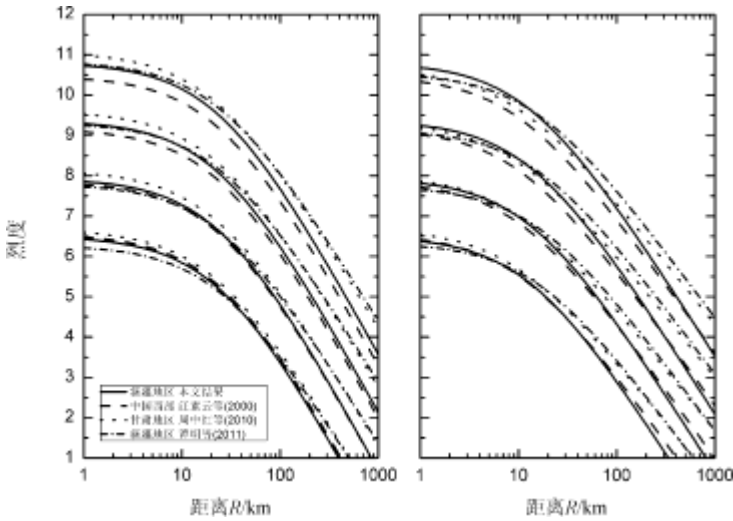
同样，在新疆区的远场范围，本文结果略低于周中红等（2000）、谭明等（2011）的结果，其主要原因是本文采用了远场有感范围补点进行约束；而在近场范围内，沿长、短轴方向烈度估计值与其他三者结果差别不大。在 $M_S > 6.0$ 时，与另两位研究者结果相似。本文的新疆区烈度衰减关系结果要高于该地区广泛使用的汪素云等（2000）的西部地区烈度衰减关系结果，这体现了与川藏区相比，新疆区同等震级地震烈度水平相对较高的特点。



从下至上依次表示 $M_S=5、6、7、8$

图 8 川藏区不同研究者给出的烈度衰减关系对比图

Fig. 8 Comparisons of earthquake attenuation relationships given by different researchers in Chuangzang Region



从下至上依次表示 $M_S=5、6、7、8$

图9 新疆区不同研究者给出的烈度衰减关系对比图

Fig. 9 Comparisons of earthquake attenuation relationships given by different researchers in Xinjiang Region

4 结论

本文收集了1991年之后我国西部地区71个地震的烈度等震线资料,对第四代地震动参数区划图使用的1918—1989年间176次地震的烈度资料进行了补充,采用长、短轴椭圆模型重新拟合了西部地区的分区地震烈度衰减关系。结果表明,新疆区与川藏区2个统计单元内地震烈度衰减关系有显著不同,应作为不同的分区对待。同时与其他研究者给出的该地区地震烈度衰减关系的对比结果显示,本文结果较好地反映了烈度衰减的区域特征,合理地体现了近场长、短轴烈度一致,远场符合有感范围的特点。本文给出的西部地区分区地震烈度衰减关系适用震级范围为面波震级5.0—8.0,距离为0—400km。

参考文献

- 陈达生,刘汉兴,1989.地震烈度椭圆衰减关系.华北地震科学,7(3):31—42.
- 陈惠,叶建庆,刘学军,蔡绍平,崔庆谷,杨周胜,何家斌,李勇,高洋,2007.2007年宁洱6.4级地震监测与研究.内陆地震,22(1):66—72.
- 国家地震局,1996.中国地震烈度区划图(1990)概论.北京:地震出版社.
- 胡聿贤,1999.地震安全性评价技术教程.北京:地震出版社,288—292.
- 雷建成,高孟潭,俞言祥,2007.四川及邻区地震动衰减关系.地震学报,29(5):500—511.
- 石广岭,沈军,胡伟华,戴晓敏,2008.2007年7月20日新疆特克斯5.7级地震烈度与房屋震害.内陆地震,22(1):66—72.
- 孙继浩,帅向华,2011.川滇及其邻区中强地震烈度衰减关系适用性研究.地震工程与工程振动,31(1):11—18.
- 谭明,李帅,孙静,王伟,唐丽华,吴传勇,2011.新疆地震烈度衰减关系模型参数拟合.内陆地震,25

(1): 29—35.

汪素云, 裴顺平, Thomas M. Hearn, 许忠淮, James F. Ni, 俞言祥, 2008. 利用 M_L 振幅研究地壳横波 Q 值 II: Q 横向变化特征. 地球物理学报, **51** (1): 133—139.

汪素云, 裴顺平, 许忠淮, 张国民, 俞言祥, 2007. 利用 M_L 振幅研究地壳横波 Q_0 值 I: 不同构造区的衰减特征. 地球物理学报, **50** (6): 1740—1747.

汪素云, 俞言祥, 高阿甲, 阎秀杰, 2000. 中国分区地震动衰减关系的确定. 中国地震, **16** (2): 99—106.

汪素云, 时振梁, 1993. 有感半径与震级的关系及其应用. 见: 中国地震区划文集. 北京: 地震出版社, 179—184.

吴中海, 吴珍汉, 胡道功, 彭华, 叶培盛, 2007. 2004 年西藏错 M_S5.6 级地震的宏观烈度调查与控震构造分析. 地震地质, **29** (1): 63—76.

周中红, 何少林, 陈文凯, 2010. 甘肃省地震烈度衰减关系研究. 西北地震学报, **31** (1): 72—75.

中国地震年鉴编辑部, 1991—2004. 中国地震年鉴. 北京: 地震出版社.

Earthquake Intensity Attenuation Relationship in Western China

Xiao Liang and Yu Yanxiang

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

Abstract Using intensity data collected from 71 earthquakes after 1991 in western China, together with data from 176 earthquakes from 1918 to 1989 in the same area, a new earthquake intensity attenuation relationship is refitted using an elliptical model in this paper. The result reveals that differences in intensity attenuation relationship can be found between Xinjiang Zone and Chuanzang Zone, suggesting that the two zones should be treated as two different zones when fitting earthquake intensity attenuation relationship in this area. Comparison of our result with previous results shows that the new attenuation relationship gives a more reasonable expression to earthquake intensity distributions in both near and far field, which suggests the new attenuation relationship suitable for earthquake engineering research and application in western China.

Key words: Western China; Earthquake intensity; Attenuation relationship