

吴清、高孟潭, 2013, 历史强震烈度点数量的统计特征及其对历史地震参数的影响, 中国地震, 29(4), 411 ~ 423。

# 历史强震烈度点数量的统计特征 及其对历史地震参数的影响

吴清 高孟潭

中国地震局地球物理研究所, 北京市海淀区民族大学南路 5 号 100081

**摘要** 以 1995 年出版的《中国历史强震目录(公元前 23 世纪 ~ 公元 1911 年)》为基础, 首先统计了中国历史强震烈度点数量的总体分布情况, 然后对历史强震烈度点数量在时间、空间和强度上的分布进行了分析, 结果表明中国历史强震的烈度点资料普遍偏少。在时间和强度上, 公元 1500 年以前, 受条件所限很多历史大震没有记载或者有些记载没能流传至今, 而流传下来的历史地震也仅有少数烈度点; 公元元年以前, 史料记载过于简单且有缺漏, 导致估定的最大震级记录不超过 7 级; 公元 1500 年以后才开始出现 8 级以上大震记录。在空间上, 中国东部地区地震记载点明显较西部地区更为翔实。本文对单烈度记载点历史强震情况进行了重点分析, 并将既有仪器记录又有宏观考察的现代地震按照历史地震参数获取方法进行处理, 以讨论烈度点稀缺对确定历史地震参数的影响。

**关键词:** 中国历史强震目录 烈度点 统计特征 震级 震中

[文章编号] 1001-4683(2013)04-0411-13 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

## 0 引言

中国因有悠久的文明史和地震叠次发生的客观条件, 历史地震资料的数量居世界之首(齐书勤, 1991)。在各种历史典籍和文物资料中, 蕴藏着举世无双的历史地震宏观记录。这些历史资料是中国历史地震学研究的基础(齐书勤等, 1991)。

几十年来, 我国地震工作者已挖掘、考证和整理出一系列历史地震资料, 如《中国地震资料年表》(中国科学院地震工作委员会历史地震工作组, 1956)、《中国地震目录》(李善邦, 1960)、《中国地震目录》(中央地震工作小组, 1971)、《中国地震目录》(顾功叙, 1983)、《中国历史地震图集》(国家地震局地球物理研究所等, 1989a、1989b、1990)、《中国地震历史资料汇编》(谢毓寿等, 1983、1985a、1985b、1986、1987a、1987b、1988)以及《中国历史强震目录(公元前 23 世纪 ~ 公元 1911 年)》(国家地震局震害防御司, 1995)(以下简称《目录》)等。多数省、自治区和直辖市也相继出版了本地区的地震历史资料汇编及地震目录(董瑞树等,

[收稿日期] 2013-05-17; [修定日期] 2013-06-14

[项目类别] 中蒙国际科技合作项目“远东地区地磁场、重力场及深部构造观测与模型研究”(2011DFB20210-04)与中国地震局地球物理研究所基本科研业务专项“基于烈度数据点的历史强震( $M \geq 6.5$ )参数估计方法研究(023903)联合资助

[作者简介] 吴清, 女, 1985 年生, 博士, 主要从事工程地震、历史地震方面的研究。E-mail: wuqing908@sina.com

1998;汪素云等,2002;徐爱信,2007;皇甫岗等,2008;黄永林等,2009)。

历史文献中关于受地震破坏的记载,是资料中所提某个具体地点受破坏程度的记录,可以据其评定相应场点的烈度信息,本文称之为“烈度点”。烈度点记录既与地震的大小有关,也与当时记载的详细程度、震区居民点(尤其是较大居民点)的多少等因素有关。传统的历史地震研究方法是通过挖掘地震史料,根据历史文献记载的受地震破坏情况,获取烈度点信息,然后根据烈度点空间分布,勾画出等震线。一般以震害最重的地方(最大烈度值点)或最内圈等震线几何中心作为地震震中,由震中烈度(极震区面积、有感半径等)与震级的经验关系确定震级。由此可见,历史地震烈度点资料是研究历史地震最基本也是最重要的数据来源之一。

将烈度点数据经过数值处理直接用来估算和校对历史地震震源参数,更是现今历史地震研究的一种重要手段。美国地质调查局 Bakun 等(1997)提出一种用烈度点数据估计历史地震震中及震级的方法(BW 方法)。该方法曾应用于美国加州、西北太平洋地区、德国(Hinzen et al, 2001)、法国(Bakun et al, 2006)及我国华北地区(张扬等, 2009)。意大利 Gasperini 等(1999)提出另外一种用烈度点数据估计历史地震震源参数的 Boxer 方法(林国良等, 2012)。相对于勾画等震线“删繁就简”过程中会带入专家个人经验,该方法直接利用烈度点数据,结果更为客观可靠。

然而绝大多数历史地震都没有足够充足的资料,地震记载一般只到州、府、县,很少到村镇,且大多数是以县治为记载单位,处理时只能看作一个点。这些历史地震烈度点构成了历史地震的影响场。而各地经济、文化发展的差异,不同时期政治环境的变化,灾害及战乱等因素的影响,也会造成历史地震烈度点的漏记、错记、遗失和销毁等等。不完整和不均匀的史料会给地震科研工作带来了很大的不确定性,更会对历史地震参数的确定造成很大影响。因此,分析历史地震烈度点资料本身的统计特征与分布情况,对历史地震震源参数的估算具有重要意义。

经专家挖掘、考证和整理而出版的一系列历史地震史料及历史地震目录均给出了各历史地震的烈度记载情况,本文以《中国历史强震目录(公元前 23 世纪~公元 1911 年)》(国家地震局震害防御司, 1995)为基础,对中国历史强震烈度点的数量在时、空、强上的分布进行统计分析,然后结合现代地震学的经验统计关系分析了烈度点的不完备对历史地震参数的确定所造成的影响。

## 1 资料概况

《中国历史强震目录(公元前 23 世纪~公元 1911 年)》(国家地震局震害防御司, 1995)是在《中国地震目录》(李善邦, 1960;中央地震工作小组, 1971;顾功叙, 1983)和《中国地震历史资料汇编》(谢毓寿等, 1983, 1985a, 1985b, 1986, 1987a, 1987b, 1988)的基础上进一步整编而成的。《目录》采用编年体,时间跨度自公元前 23 世纪~公元 1911 年,共 4100 多年,共编入  $M_s 4.7$  以上地震 1034 次。

《目录》里每条地震记录后面都给出了地震情况描述,考虑到强震及其序列特征对地震预测预报、抗震减灾、震害评估、工程地震以及地震社会学等研究的需要,除了记述主震震害外,还尽可能地辑录了前震、余震、震前震后相关异常情况以及抗震救灾、地震对策等方面的资

料(国家地震局震害防御司,1995)。本文对这些地震情况进行了分类统计,以期把握历史地震烈度点数量统计特征。

自1995年《目录》出版以来,我国历史地震工作者又开展了大量的历史地震考证研究工作,并取得了许多新的研究进展。但这些新的考证成果大多以论文的形式发表,没有经过审定,因此本文对其暂不加以整理考虑。

## 2 历史强震烈度记载点数量统计特征

### 2.1 历史强震烈度记载点数量总体分布

本文对《目录》里提供的1034条历史强震的地震情况信息进行提取,即结合等震线图,每提及1个地名并能获知其烈度信息的算作1个烈度点,统计每个地震的烈度点数量。其中,直接引用资料、无震情记载的有20个地震;没有明确烈度记载点,而是概括指出一片区域受地震影响的记录有19个,如“上下30余里均震”、“台湾全岛有感”等。

表1列出了烈度记载点数与对应地震个数的具体情况,图1给出了各种烈度记载点数的地震在历史强震总数中所占比例。由表1、图1可见,随着烈度点个数的增多,地震个数急剧减少。有且仅有1个烈度记载点的地震有350个,约占地震总数的34%;仅有2个烈度记载点的有116个,约占11%;有3个烈度记载点的有88个,约占9%。有3个以上烈度点的地震数量逐步减少,有10个及以上烈度点的地震仅占地震总数的16%。无震情记载和仅给出影响范围的约占4%。

表1 烈度记载点数与对应地震个数

烈度点数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
地震个数	350	116	88	71	69	38	39	31	25
烈度点数	10	11	12	13	14	15	16	17	≥18
地震个数	14	17	13	10	11	9	5	5	84
无震情记载地震个数				20	仅给出影响范围地震个数				19

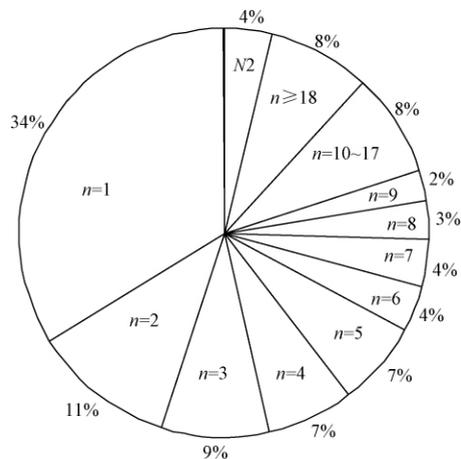


图1 中国历史强震烈度记载点数量比例分布  
n为烈度点数;N2代表无震害记录和仅有影响范围的记录

《目录》中的震中评定原则:一般以震害最重的地方作为最可能的震中位置;对于以县、或以州、府为单位记载的地震,以当时的县城位置或以州、府的行政首府作为可能的震中位置。由上述统计可知,1个烈度点的地震数超过了地震总数的1/3,这些地震都直接将震中位置放到了烈度记载点处,其不确定性显而易见。在资料稀缺的情况下,只能如此处理,但是在对这部分地震资料进行引用研究时,需酌情处理,谨慎对待。11%的地震有且仅有2个烈度记载点,根据这仅有的两个烈度记载点构成的地震影响场来分析震源参数,存在多解性和任意性,其震中精度和震级准确度有待商榷。烈度点越多,地震影响场越清晰,对地震参数的约束也越强烈。因此,在对历史地震的使用中,应尽量选取烈度点数量丰富的地震,以期得到更准确可靠的历史地震参数。

## 2.2 历史强震烈度记载点数量在时间和震级上的分布

图2给出了中国历史强震烈度点数量-震级-年份的三维分布。由图2可见,公元前的地震记录本身就很少,烈度记载点数也非常少;公元元年到公元1000年间,地震数量有所增加但烈度记载点数没有明显增多;公元1000年以后,烈度记载点数开始有所增多,尤其是公元1500年以后,地震数量和烈度记载点数都明显增加。图2中黑色阶梯状粗线标示出了历史地震震级随时间变化的特征。公元前1000年以前没有6级以上强震的记录,公元元年以前没有7级以上强震的记录,公元1000年以后才开始逐渐出现8级大震的记录,公元1500以后才有8级以上大震记录的出现。如果几千年来中国大陆的地震活动性规律没有显著变化,那么公元1000年以前没有出现过8级强震的可能性非常小。但图2中黑色阶梯状粗线明显显示了历史大震记录的缺失。时间越久远,地震记载越不完整,震级越小缺失得越严重,在很久远的年代,即使是大地震也没有被记载、流传下来。而大地震的震级与次数、分布状况又对地震活动期、重复周期、最大地震、地震序列特征等重要问题有重大影响。

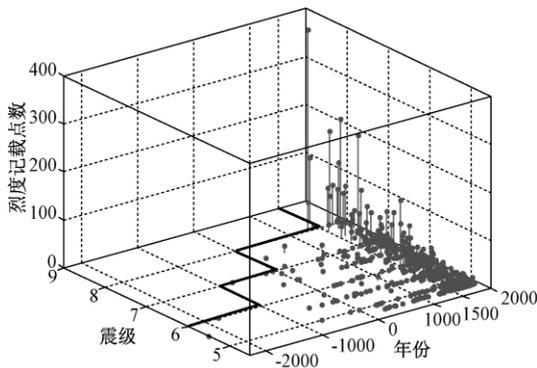


图2 中国历史强震烈度点数量-震级-年份三维分布图

历史地震的记载一般只限于县城或较大城镇,如果震中在人烟稀少的地方或远离县城,即使发生较强烈的地震(6级左右),一般也不会有关于震中区的破坏情况记载。被记载下来的地震史料,只反映了县城或较大城镇的有感情况,震中的破坏情况并未被真实的记载下来(徐吉言,1994)。因此,若直接将城镇的有感情况当作震中的破坏情况来估算地震震级,无疑会造成一些中强地震的遗漏,甚至会造成对远场大震的错记。

我国历史地震记录虽然跨度时间长,但受历史条件所限,早期和近期地震记载的详简程

度差异很大(顾功叙,1983)。公元 1500 年以前,由于居民点稀少,通讯、交通很不发达,发生大地震时,很多受灾地区或被影响地区的情况都没有被记录下来,致使烈度点缺失很多。虽经多方努力收集考证,资料本身遗漏不完整在所难免。有些即使被记录下来,由于历史文献资料记载的局限性以及经久流年的遗失或销毁,使得资料严重缺漏,导致历史大震可能被当成小震保存下来。在宋、元之后有了地方志,至明代地方志书编制盛行后,才有了比较详尽的历史资料记载。因此,随着时间的推移,出现了一条阶梯分明的震级分割线。

图 3 分别给出了烈度点数在时间和震级上的分布。由图 3 同样可以清晰地看到,公元元年以前历史地震烈度点数很少,公元 1500 年后出现激增。随着震级的增大,烈度点数整体呈现增多趋势。这是因为震级越大,受影响范围越广,自然烈度点数就会越多,被记载并保留下来的可能性也越大。

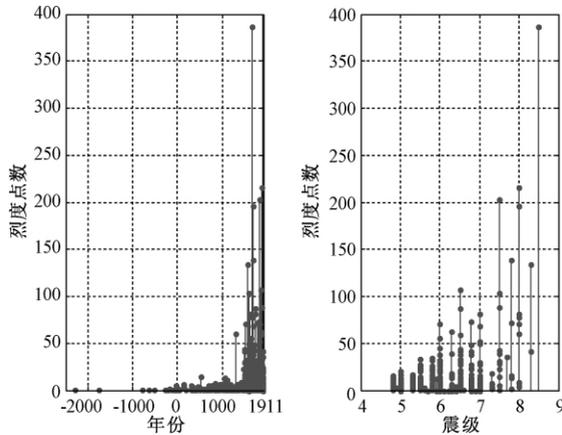


图 3 烈度点数在时间和震级上的分布

### 2.3 历史强震烈度记载点数量在地理空间上的分布

图 4 给出了有 1、2、3 个烈度点记录的历史地震以及没有烈度点记录和仅给出影响范围记录的历史地震空间分布图,同时在图下方的括号内标示了各震级段的地震个数。由图 4 可见,1、2、3 个烈度点地震遍布全国,华北和川滇地区最为密集。以 6 级以下中强地震为主,没有 8 级大震。仅有影响范围的记录和没有烈度点记录的则主要集中在新疆、西藏和台湾地区,其它地区零星分布。由此可以看到,烈度点资料稀缺在全国范围内都是一个普遍存在的问题,这部分地震占了地震总数的 58%。

图 5 是 4 个及以上烈度点历史地震的空间分布图。由图 5 可见,华北及川滇地区历史地震的烈度点数明显要高于其它地区。18~100 个烈度点的地震主要集中在华北、川滇和沿海地区,其他省市零星分布。新疆也出现了 2 个多烈度点的地震,分别是 1902 年发生于新疆阿图什北的 8.3 级地震(有 41 个烈度点)和 1906 年发生于新疆沙湾西南的 7.7 级地震(有 21 个烈度点)。西藏地区历史地震最多的仅有 9 个烈度点,这主要是由于西藏地区地广人稀,历史地震资料能记载并留传下来的相当稀少。大于 100 个烈度点的 6 个地震在图 5 中用黑色五角星单独标示,它们分别处于甘肃、陕西、山西、河北和山东等地,其中河北有 2 个;最小震级 7.5 级,最大 8.5 级;烈度点最多的是 1668 年发生于山东郟城的 8.5 级大震,

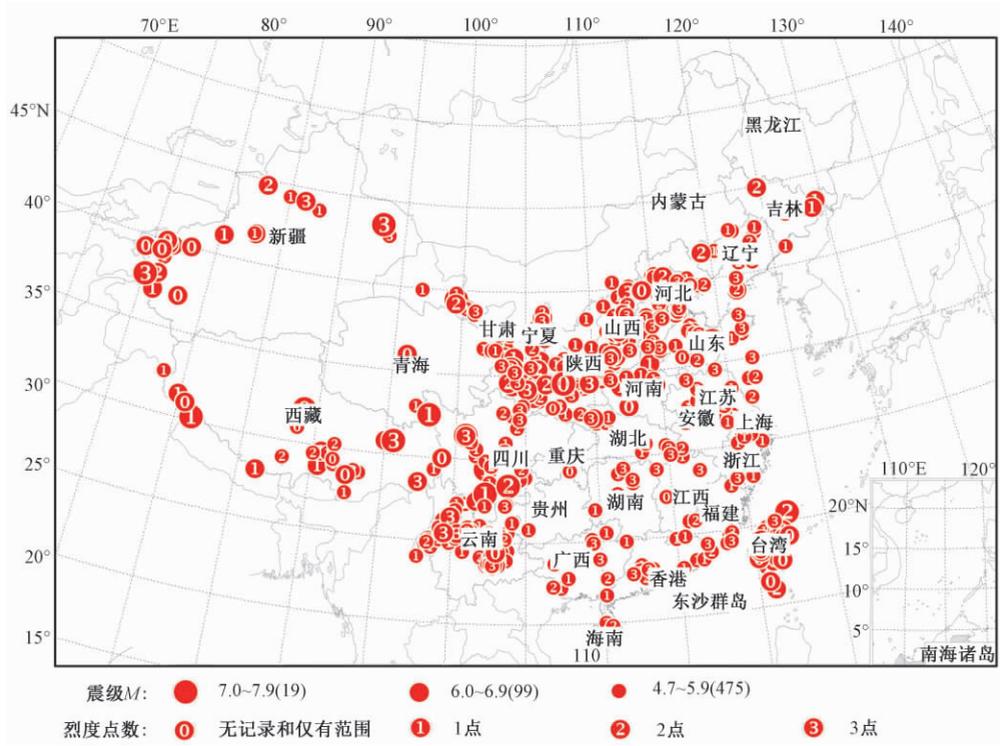


图4 1、2、3个烈度点、无烈度点记录和仅有范围记录的历史地震空间分布

有298个烈度点记录。

对比图4、5可以看到,中国东部地区的历史地震资料明显要比西部地区丰富。地域上,东部地区自古以来政治、经济、文化都较为发达,地震事件除有全国性的实录、正史等记载以外,地区性的通志、府、州、县、乡、镇地方志,山水志,甚至家族的家谱、私人笔记、著作等各类古籍都不乏地震现象的记述。在这方面西部无法与之比拟。因此,东部的地震无论是破坏区还是波及影响范围都更为确切可靠,烈度记载也更为翔实(刘昌森,1989)。

#### 2.4 单个烈度记载点历史强震分析

历史地震记载的主要内容多为人的感觉、房屋与结构物所受的影响破坏、地表破坏现象及人员伤亡等情况。由前文2.1的统计可知,《目录》收录的1034次地震中,直接引用资料、无震情记载的有20个;没有明确烈度记载点而是概括指出一片地区受地震影响的记录有19个,有且仅有1个烈度记载点的地震有350个。这些地震占历史强震总数的37.62%,超过了1/3。表2对这389次历史强震的情况进行了归类统计。

由表2可以看出,由于历史文献资料有限,往往只能在只字片语中寻觅历史地震的踪迹,并由寥寥数字和一、两个句子确定出地震三要素。由于信息过少而且言语模糊,由此确定的历史地震参数存在着很大程度的不确定性和任意性。

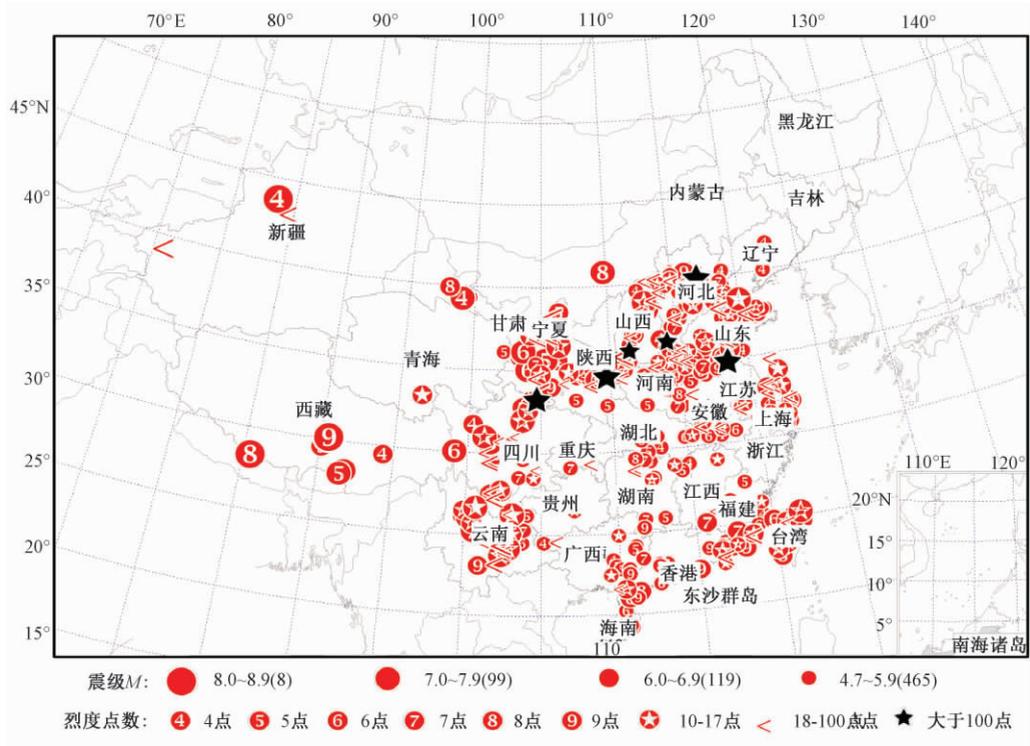


图5 4个及以上烈度点历史地震空间分布图

表2

无烈度记载或单点烈度记载的历史强震归类统计

归类标准	地震数 $n$	总数 $N$
引资料,无震情记录	20	389
寥寥数字就交代一个地震,如:地地震;地震山崩;地震水涌;压杀人	127	
1~2句带描述性语言的句子,包括:简单提到山河状况、人畜反应,概述城损房倒人亡,有些给的是震后与赈灾情况;	186	
一段话详细描述震情,包括:各种具体损失、山川响应及人畜反应,如具体倒了多少间房子,伤亡多少人;	37	
影响范围	19	

某一时间发生的地震,史料中仅有一地记载,无波及情况,反映出史料的不完整性。这类史料的处理,是将这一地震记载的地名视为地震发生的参考地点,按记载的内容评定烈度。由于地震史料具有一定的局限性,所记载的地点多以县城、府城、郡城所在地为主(朱书俊,1984)。而地震常发生在人烟稀少的山区,烈度判据奇缺,即使现代地震,有时震中区也不易明确勾画,其烈度更难正确估定。各地史料繁简不一,遗漏在所难免。因此,有些历史地震的震中位置不确定,所记震中烈度偏低(谢毓寿,1986),进而导致震级的不确定性。

图6是单点烈度记载的历史强震震级分布,其中4.5~4.9级地震86个,5.0~5.9级地震223个,6.0~6.9级地震33个,7.0~7.5级地震8个,无7.5级以上地震。可见单点烈度记载的历史地震主要是6级以下中强震。而被评定为6级以上的单烈度点历史强震,一般该烈度点的震害记载内容都较为详细,其中一些地震还提及震前异常现象、震后救灾、余

震等情况。

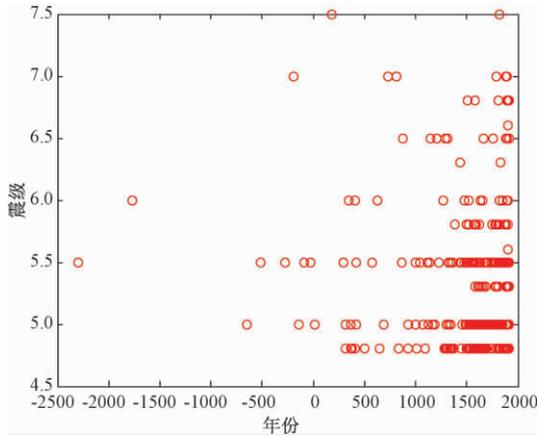


图6 单点烈度记载的历史强震震级分布

由《目录》给出的震中定位原则是：对于以县或以州、府为单位记载的地震，以当时的县城位置或以州、府的行政首府作为可能的震中位置。这种情况下，也许没有更好的定位原则，但以下几种情况都可能使震中不一定在有记载的这个县境内：①发生地震的邻县或离震中更近的县城，由于恰好当时社会动荡或某种人为原因没有记载。②邻县或附近的县本有更严重破坏和灾情的记载，但在漫长的岁月里丢失了。这样直接将震中位置定在有记载的县城位置具有很大的不确定性。

### 3 烈度记载点稀缺对历史地震参数的影响

由前文 2.4 的统计分析可知，历史强震烈度记载仅有单点的情况不在少数。这种地震记录只能反映出当时当地受到地震动的影响，而造成这种影响的地震有多大、震中在何处则有无无数种可能。例如，对于同一个地点，较远、较大的地震和较近、较小的地震所造成的影响可能是一样的。由于受不同历史时期政治、经济、文化发展及人口分布等因素的强烈影响，最大破坏记载所显示的地震烈度未必都是最高烈度。历史上发生在边远地区的地震，距县城或较大城镇较远，被记载下来的地震史料，可能只反映了县城或较大城镇的破坏情况，震中的破坏情况并未被真实的记载下来（谢毓寿，1986；徐吉廷，1994），而经现代地震资料证实，地震震中位置大多不在县城。这样确定的历史地震震中有很大的不确定性，而以此获得的极震区烈度来估算震级，将会对历史地震强度的判断造成很大的影响。

由于历史地震烈度点稀缺情况在中国西部更为严重，因此本文选取最新出版的 4 册《中国震例（1992～2002）》（陈棋福，2002a、2002b、2003、2008），提取其中中国西部地区既有仪器记录数据又有现场考察烈度数据的 57 例现代地震（震级  $M_s$  5.0～7.0）（表 3），根据历史地震目录参数获取原则，分析使用单烈度点得到的历史地震参数的不确定性。

表 3

现代震例列表

发震日期	震级	震中烈度	宏观震中		参考地点
			E	N	
1992-01-12	5.4	VI	39.73°	98.37°	甘肃嘉峪关
1992-04-05	5.9	VII	36.10°	81.17°	新疆策勒
1992-12-18	5.4	VI	26.27°	100.57°	云南永胜
1992-12-22	5.1	VI	26.42°	100.67°	云南永胜
1993-01-27	6.3	VIII	23.00°	101.05°	云南普洱
1993-02-01	5.3	VI	25.85°	101.35°	云南大姚
1993-02-03	5.7	VI	42.30°	86.05°	新疆和静
1993-05-24	5.0	VI	31.75°	98.70°	四川德格
1993-08-07	5.0	VII	29.02°	103.67°	四川沐川
1994-12-30	5.7	VII	29.04°	103.64°	四川沐川
1995-04-26	5.1	VI	29.02°	103.70°	四川沐川
1993-08-14	5.6	VII	25.40°	101.15°	云南姚安
1993-09-05	5.1	VI	36.75°	95.32°	青海格尔木
1993-10-02	6.6	VIII	38.22°	88.78°	新疆若羌
1993-12-01	6.2	VII	39.30°	75.65°	新疆疏附
1994-01-03	6.0	VIII	36.03°	100.08°	青海共和
1994-02-16	5.8	VII	36.18°	100.28°	青海共和
1994-09-04	5.2	VI	36.02°	100.13°	青海共和
1994-09-24	5.5	VII	36.02°	100.08°	青海共和
1994-10-10	5.3	V	35.85°	100.45°	青海共和
1995-02-18	5.2	VI	23.13°	99.57°	云南澜沧
1995-05-02	5.8	VI	43.82°	84.67°	新疆乌苏南
1995-07-09	5.3	VI	35.98°	100.17°	青海共和
1995-07-22	5.8	VIII	36.42°	103.17°	甘肃永登
1995-09-26	5.1	VI	41.78°	81.52°	新疆拜城
1995-10-24	6.5	IX	25.88°	102.25°	云南武定
1996-01-09	5.2	VI	43.82°	85.67°	新疆沙湾
1996-02-03	7.0	IX	27.08°	100.27°	云南丽江
1996-02-28	5.4	VII	29.03°	104.58°	四川宜宾
1996-03-19	6.9	IX	39.95°	77.08°	新疆阿图什
1996-06-01	5.4	VI	37.36°	102.83°	甘肃天祝-古浪
1996-12-21	5.5	VII	30.42°	99.32°	四川白玉-巴塘
1997-08-13	5.2	VII	29.42°	105.53°	重庆荣昌
1998-03-19	6.0	VII	40.17°	76.78°	新疆阿图什
1998-05-29	6.2	VII	37.52°	78.70°	新疆皮山
1998-07-28	5.4	VI	41.77°	81.70°	新疆拜城
1998-11-19	6.2	VIII	27.27°	100.95°	云南宁蒗
1999-03-15	5.7	VI	41.82°	82.65°	新疆库车
1999-09-14	5.0	VI	31.58°	104.12°	四川绵竹
1999-11-30	5.0	VI	31.47°	104.15°	四川绵竹
1999-09-27	5.1	VI	34.60°	101.30°	青海河南
1999-11-26	5.0	VI	34.60°	99.82°	青海玛沁
2000-01-27	5.5	VII	24.18°	103.57°	云南丘北
2000-01-31	5.6	VI	38.10°	88.60°	新疆若羌
2000-06-06	5.9	VIII	37.10°	103.90°	甘肃景泰
2000-09-12	6.6	VIII	35.40°	99.53°	青海兴海
2001-02-14	5.0	VI	29.37°	101.07°	四川雅江
2001-02-23	6.0	VIII	29.33°	101.07°	四川雅江
2001-03-12	5.0	VI	22.35°	99.78°	云南澜沧
2001-05-24	5.8	VII	27.70°	100.83°	四川、云南交界
2001-07-10	5.3	VI	24.87°	101.52°	云南楚雄
2001-07-11	5.3	VI	39.18°	98.02°	甘肃肃南
2001-07-15	5.1	VI	24.33°	102.35°	云南江川
2001-09-04	5.0	VI	23.65°	100.62°	云南景谷
2001-10-27	6.0	VII	26.23°	100.50°	云南永胜
2002-12-14	5.9	VII	39.70°	97.30°	甘肃玉门
2002-12-25	5.7	VI	39.68°	75.08°	新疆乌恰

一般将单烈度点历史地震的震中定在县城位置,但真实地震的震中绝大部分都不在县城。首先,搜索现代震例宏观震中周围最近的县城位置,定为县城震中。同时计算真实宏观震中到最近县城的距离  $R$ 。已知现代地震的仪器震级  $M$ ,结合前面求得的距离  $R$ ,根据烈度衰减关系(1)、(2),可以求得县城位置的烈度值  $I$ 。根据表 3 中现代地震所在位置,本文所用圆烈度衰减关系为(肖亮,2011)

$$\text{川藏地区: } I = 5.455 + 1.252M - 4.120\log(R + 18) \quad \sigma = 0.6541 \quad (1)$$

$$\text{新疆地区: } I = 5.387 + 1.446M - 4.584\log(R + 21) \quad \sigma = 0.5857 \quad (2)$$

历史地震处理方法一般将县城的烈度值当作震中烈度,然后根据震中烈度与震级的经验关系确定震级。这里已经求得县城位置的烈度值  $I$ ,视县城烈度为震中烈度  $I_0$ 。《中国历史强震目录(公元前 23 世纪 ~ 公元 1911 年)》给出了中国大陆东部地区、大陆西部地区和台湾地区的震级-震中烈度经验关系。根据本文所选现代震例所在位置,我们选取中国大陆西部地区的震级-震中烈度经验关系(国家地震局震害防御司,1995)

$$M_s = 0.605I_0 + 1.376 \quad (3)$$

由县城烈度  $I_0$ 按公式(3)来估算震级,然后将估算震级与仪器震级作差值,结果见图 7、8。

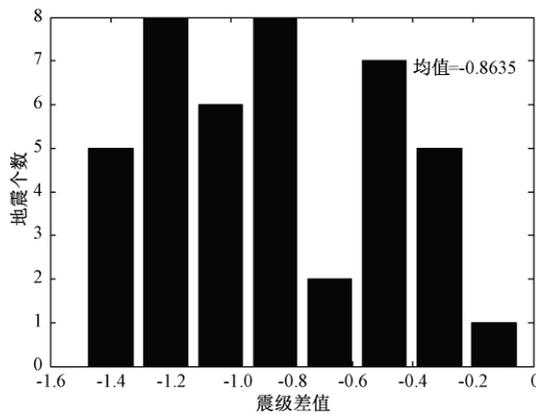


图 7 根据县城烈度估算的震级值与仪器震级值之间的差值(川藏地区)

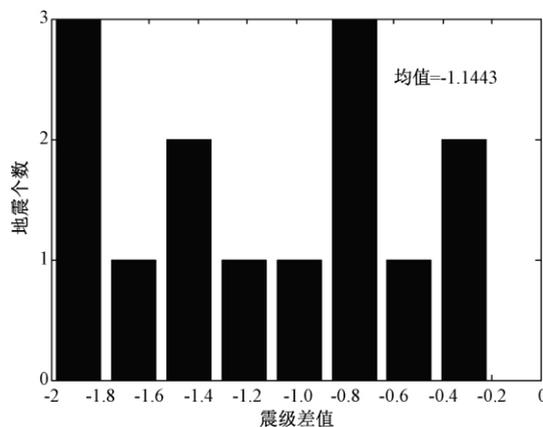


图 8 根据县城烈度估算的震级值与仪器震级值之间的差值(新疆地区)

由图 7、8 可以明显看到,根据县城烈度估算的震级值都要比仪器震级值小。川藏地区的偏小范围在  $-0.04 \sim -1.49$  区间内,均值约为  $-0.86$  级;新疆地区的偏小范围在  $-0.2 \sim -2$  区间内,均值约为  $-1.14$  级。这从某种程度上证明了历史地震的大震缺失。而且有历史记载的县城不一定就是离震中最近的县城,因此震级偏差有可能更大。由此可见,历史强震目录里单烈度点地震的震级可能存在普遍偏小的问题,尤其是在新疆、西藏和青海等地广人稀而又地震活动频繁的地方,会造成大量历史大震的漏记或者错记。

对于 2、3 个烈度点的地震,一般以震害最重的地方作为最可能的震中位置,而真实震中位置的可能性与随意性由于约束太少而无法控制。因此,在引用或者研究这些烈度点稀缺的历史强震时,应根据工作需要结合地质构造或地球物理学手段行进重新考证,适当取舍,慎重对待。

## 4 结论与讨论

本文通过对《中国历史强震目录(公元前 23 世纪~公元 1911 年)》(国家地震局震害防御司,1995)里地震烈度点数量在时、空、强的统计分析,认识到历史强震的烈度点资料是普遍偏少的。58% 的历史强震仅有 1、2、3 个烈度点或者无烈度点记录或者仅给出影响范围,10 个及以上烈度点的地震仅占历史强震总数的 16%。公元 1500 年以前,很多受灾地区或被影响地区的情况都没有被记录下来,或者即使记录下来,由于经久流年的遗失,致使烈度点缺失很多。时间越久远,缺失越严重。而烈度资料的缺失,会导致历史大震被当成小震记录下来,亦或使得大震记录缺失。于是出现公元元年以前最大地震记录不超过 7 级,公元 1000 年以前没有 8 级大震记录,公元 1500 年以后才开始出现 8 级以上大震记录的情形。总体来说,全国范围内的历史地震都存在烈度点稀缺现象,但东部地区历史地震的烈度点记录相较于西部地区更为翔实。本文将既有确切仪器记录又有宏观考察的现代地震按历史地震参数获得方法进行处理,证实烈度点稀缺的历史地震震级普遍偏小。

完备、翔实、可靠的历史地震资料是历史地震研究的重要基础,虽然《中国历史强震目录(公元前 23 世纪~公元 1911 年)》(国家地震局震害防御司,1995)是迄今为止最为详尽的历史地震目录,是科研工作者们深入挖掘史料并认真考证的成果,但历史地震资料的发掘难以穷尽。因此在运用历史地震资料进行科学研究时,需要审慎的采择,结合地质构造和地球物理学手段多方考虑,避免因基础资料的不完备造成科研成果的误差与纰漏。

## 参考文献

- 陈棋福、郑大林、车时,2002a,中国震例(1992~1994),1~489,北京:地震出版社。
- 陈棋福、郑大林、刘桂萍等,2002b,中国震例(1995~1996),1~429,北京:地震出版社。
- 陈棋福、郑大林、高荣胜,2003,中国震例(1997~1999),1~468,北京:地震出版社。
- 陈棋福、郑大林、车时等,2008,中国震例(2000~2002),1~570,北京:地震出版社。
- 董瑞树、冉洪流、任国强,1998,历史地震资料在核动力工程地震安全性评价中的应用,中国地震,14(3),32~37。
- 顾功叙,1983,中国地震目录,1~663,北京:地震出版社。
- 国家地震局地球物理研究所、复旦大学中国历史地理研究所,1989a,中国历史地震图集(远古至元时期),1~174,北京:中国地图出版社。
- 国家地震局地球物理研究所、复旦大学中国历史地理研究所,1989b,中国历史地震图集(明时期),1~194,北京:中国地

图出版社。

国家地震局地球物理研究所、复旦大学中国历史地理研究所,1990,中国历史地震图集(清时期),1~240,北京:中国地图出版社

国家地震局震害防御司,1995,中国历史强震目录(公元前23世纪~公元1911年),1~471,北京:地震出版社。

皇甫岗、罗荣联,2008,运用历史地震资料重在考证,地震研究,31(4),304~307。

黄永林、高俊锁,2009,历史地震资料整理与利用的现状与发展——以江苏省及其邻近地区为例,灾害学,24(3),103~108。

李善邦,1960,中国地震目录,1~790,北京:科学出版社。

林国良、王健,2012,基于烈度点的中国历史地震资料数据系统试编制,地震学报,34(1),118~124。

刘昌森,1989,对某些历史地震参数的修订意见,见:闵子群,中国历史地震研究文集(1),62~67,北京:地震出版社。

齐书勤,1991,中国历史地震研究十年,见:郭增建,中国历史地震研究文集(2),10~14,北京:地震出版社。

齐书勤、卢振恒、吴戈等,1991,历史地震学简论,见:郭增建,中国历史地震研究文集(2),1~5,北京:地震出版社。

汪素云、张晓东、时振梁,2002,历史地震资料的应用与开发,中国地震,18(4),371~376。

肖亮,2011,水平向基岩强地面运动参数衰减关系研究,博士论文,105,北京:中国地震局地球物理研究所。

谢毓寿,1986,中国的历史地震研究,中国地震,2(2),8~15。

谢毓寿、蔡美彪,1983,中国地震历史资料汇编(第1卷),1~227,北京:科学出版社。

谢毓寿、蔡美彪,1985a,中国地震历史资料汇编(第2卷),1~949,北京:科学出版社。

谢毓寿、蔡美彪,1985b,中国地震历史资料汇编(第4卷)(上),1~729,北京:科学出版社。

谢毓寿、蔡美彪,1986,中国地震历史资料汇编(第4卷)(下),1~258,北京:科学出版社。

谢毓寿、蔡美彪,1987a,中国地震历史资料汇编(第3卷)(上),1~540,北京:科学出版社。

谢毓寿、蔡美彪,1987b,中国地震历史资料汇编(第3卷)(下),541~1427,北京:科学出版社。

谢毓寿、蔡美彪,1988,中国地震历史资料汇编(第5卷),1~782,北京:科学出版社。

徐爱信,2007,历史地震档案资料在防震减灾中的应用,国际地震动态,(2),43~46。

徐吉廷,1994,阿坝州历史地震的烈度评估定与震级估算,阿坝科技,(1),48~53。

张扬、马干、史保平等,2009,华北地区烈度衰减模型建立及其用于震中区域和震级的定量估算,地震学报,31(3),290~306。

中国科学院地震工作委员会历史地震工作组,1956,中国地震资料年表,1~1653,北京:科学出版社。

中央地震工作小组,1971,中国地震目录,1~663,北京:科学出版社。

Bakun W H, Scotti O, 2006, Regional intensity attenuation models for France and the estimation of magnitude and location of historical earthquakes, Geophysics J Int, 164(3), 596~610.

Bakun W H, Wentworth C M, 1997, Estimating earthquake location and magnitude from seismic intensity data, Bull Seism Soc Am, 87(6), 1502~1521.

Gasperini P, Bernardini F, Valensise G, et al, 1999, Defining seismogenic sources from historical earthquake felt reports, Bull Seism Soc Am, 89(1), 94~110.

Hinzen K G, Oemisch M, 2001, Location and magnitude from seismic intensity data of recent and historic earthquake in the northern Rhine area, central Europe, Bull Seism Soc Am, 91(1), 40~56.

## The statistical features of intensity points of historical strong earthquakes and their impact on historical seismic parameters

Wu Qing Gao Mengtan

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

**Abstract** Based on the Catalogue of Chinese Historical Strong Earthquakes (23rd century B. C. to 1911 A. D.) published in 1995, we first analyzed statistically the overall distribution of the numbers of intensity points of Chinese historical strong earthquakes, then in time, geographical distribution and magnitude respectively. The results show that: the number of intensity points of Chinese Historical Strong Earthquakes are generally small. In time and magnitude, before 1500 A. D., due to the conditions, many historical earthquakes were not recorded or were not passed down, yet those handed down only have limited intensity points. Because the records were too simple and incomplete, the largest earthquake which was evaluated was less than  $M_s 7.0$  in B. C. Earthquakes with  $M_s \geq 8.0$  were recorded only after 1500 A. D. In geographical distribution, historical earthquakes intensity points in eastern China are obviously more plentiful than western China. We focally analyzed the earthquakes with only one intensity point, and used historical seismic parameters acquisition method on modern events with both instrument records and macro investigation records to discuss the impact of scarce intensity points on earthquake parameters' determination.

**Key words:** Catalogue of Chinese Historical Strong Earthquakes Intensity points  
Statistical features Magnitude Epicenter