

地震灾害宏观分析研究^{*}

李钜章

(中国科学院地理研究所 北京 100101)
国家计划委员会

摘 要 运用对致灾因素及灾害发生机制的已有认识,根据50个历史的典型震例,建立地震烈度、人口密度、单位面积工农业产值等因素与反映灾害程度的人员伤亡、经济损失的估算模型,以减少灾害研究对历史资料的依赖。用两个历史震例检验模型,结果其精度满足宏观分析的要求。

关键词 地震 灾害 宏观

分 类 (中图法) P315 (科图法) 57. 126

1 方法探讨

地震灾害当指地震给人类带来的祸害。对地震本身的研究仅是对地震致灾自然力的研究,还不足以获得对地震灾害之全面认识。要获得对地震灾害的认识,最直观的方法是根据历史(即已发生的地震灾害)资料。这也是研究地震灾害所不可缺少的。但历史资料数量有限而且不全,给仅根据历史资料进行统计分析研究地震灾害带来一系列问题。而要增加和补全历史资料是十分困难甚至是不可能的。因此应充分运用国内外对地震灾害研究的成果,即根据已取得的对地震及其造成灾害的机制之认识,利用若干典型震例,建立地震灾害与致灾因素的关系,进而根据各致灾因素的地域分布对地震灾害的区域分异进行宏观分析。这样对历史资料仅要求提供典型震例,只要提供包括各种致灾因素的可能组合类型,就能够建立地震灾害与致灾因素的关系。而不象单纯的统计分析那样,要求掌握历史上发生过的地震灾害的全部资料,任何地震灾害的遗漏都不会象单纯统计分析那样直接反映在结果上。震例的多少主要影响的仅是研究的精度。这种充分运用对各致灾因素及灾害发生机制的已有研究成果,尽量减少对历史资料依赖研究灾害的方法,显然也适用于对其它灾害的研究。此外无论孕灾自然环境(其中主要是致灾自然力)还是孕灾社会经济环境都不是一成不变的,特别是社会经济条件的变化,有时是相当快速的。对历史资料的单纯统计分析当然不可能考虑这些变化。而建立在灾害发生机制上的致灾因素与灾害的关系分析方法,则可以根据新的社会经济条件和

^{*} 国家自然科学基金重点项目 49130003。

收稿日期:1994-03-17,收到修改稿日期:1995-02-16

改变了的自然条件对灾害进行估计,甚至可以按对各因素的假设对灾害进行预测性估计。

2 因素选择

按此方法进行分析,要选定各项致灾因素及其刻划的具体形式。这些因素应该是致灾的主要因素,而且必须是能够在研究区内广泛获得。就地震灾害而言:地震烈度是地震对地表(包括人工建筑物等)破坏大小的一种较通用的综合性度量,它与地震动强度的一些重要指标有近似对数的关系,特别是在烈度不太大时,这种关系更好。此外它还反映了诸如地表组成物质的性质和结构等自然因素的影响。同时全国地震烈度的区域分异已有研究成果,历史资料中每一次地震大多都有烈度的记载,因而无论是整个研究区域的普遍性数据还是作为典型震例的致灾因素,都是完全可以获得的。故选定地震烈度(J)作为刻划孕灾自然环境的评判指标是合理的,可行的。地震灾害的社会经济环境应包括承灾体和抗灾力两个方面。其中承灾体又可分为人和物两方面。承灾的人显然可以用人口密度(R_g : 人/ km^2)来刻划;承灾的物,根据资料情况和宏观分析的精度,选用单位面积工农业总产值(F_g : 百元/ km^2 ,以下简称产值密度)。虽然可能(特别是今后)获得比产值密度更准确地刻划承灾的物,但却很难获得与各震例同步的数据,也就无法建立它们与灾害的关系。至于抗灾力则比较复杂,就地震灾害而言,主要是建筑物的抗震水平,此外还应该考虑发生地震灾害后对受灾人员和次生灾害(如火灾)的抢救和防治(如瘟疫)能力,以及灾后恢复生产重建家园的能力等。显然,无论对历史上的地震灾害(包括典型震例)还是对较大的研究区域,要对这些方面分别进行全面的分析估计和作出综合评判都是很困难的。考虑到宏观分析之精度,也为了简化,根据经济越发达,建筑物的抗震水平一般较高,区域的其它抗震能力也较强,这个一般性规律,仍选用产值密度作为抗灾力宏观估量的一个因素。同一地区随着地震烈度的增加能够保存完整的建筑物越少,其它抗震能力也相对降低,也就是说:一个地区对不同烈度的地震有不同的抗灾力。经分析一个地区对地震灾害的抗灾力(K)可按下式进行宏观估量:

$$K = \log(F_g)/10^{(J-5)}$$

3 资料处理

在确定了所用的因素之后,就需要搜集用于建模的典型震例的有关资料。表1所列的是从地震出版社出版的《中国震例》和一些报刊中收集到的1951~1958年期间发生的52个震例中随机抽取的50个震例的有关资料,其烈度从6度到11度。

这些资料中对灾情的记述规格很不一致。如在人员伤亡方面有的记述死、伤的人数,有的则给出死、重伤和轻伤三项的人数;在经济损失方面就更不一致。为了对比就必需先提出一个根据这些资料对各震例灾情的统一衡量方法。由于目前虽已有人提出将人员伤亡折算为经济损失的方法,但并没有一种为大多数接受和认可的折算方法,而已有的震例中(在今后的地震中很可能也是如此)人员伤亡资料的准确性比经济损失资料要高。而且先分别对人员

表 1 典 型 震 例 资 料

Tab. 1 Relevant information for typical earthquakes

序号	编号	年月	地 点	烈度	伤亡 人数 (人)	人口 密度 (人/km ²)	经济 损失 (万元)	产值 密度 (百元/km ²)	模拟伤 亡人数 (人)	模拟经 济损失 (万元)
1	62	1976.07	河北唐山	11.0	374000	407.97	1471000	2329.67	297855	2121043
2	85	1966.03	河北隆尧	10.0	46066	381.76	198400	948.04	39412	258897
3	92	1973.02	云南炉霍	10.0	3553	5.85	10205	10.78	1559	5737
4	32	1988.11	云南澜沧	9.5	3456	50.32	40000	101.49	3071	19799
5	61	1976.05	云南龙陵	9.0	1496	68.59	26500	70.00	1455	7383
6	63	1976.08	四川松潘	9.0	38	6.34	5300	16.80	231	2193
7	65	1976.11	四川盐源	9.0	263	31.12	530	33.44	790	3939
8	77	1979.03	云南普洱	9.0	262	44.89	2260	109.78	1048	10825
9	89	1970.01	云南通海	10.0	23710	209.26	104440	543.88	4763	161352
10	96	1974.05	云南大关	9.0	2223	108.87	29270	120.32	2079	11703
11	98	1975.02	辽宁海城	9.0	9818	313.32	107140	2922.23	4702	176423
12	5	1952.09	四川冕宁	9.0	926	89.17	526	16.46	1783	2156
13	7	1955.04	四川康定	9.0	224	4.92	105	2.19	190	388
14	10	1955.10	四川永仁	9.0	1376	47.79	12820	29.10	1101	3500
15	23	1974.05	云南马关	9.0	2723	101.04	18372	88.04	1963	8973
16	27	1979.03	四川壤塘	9.0	262	3.85	2032	5.00	157	782
17	40	1981.01	四川道孚	8.0	348	5.36	4378	20.33	28	668
18	47	1983.02	新疆乌恰	8.0	1	1.89	1	2.98	13	132
19	56	1985.04	云南禄劝	8.0	172	93.19	15400	165.51	253	3935
20	81	1979.07	江苏溧阳	8.0	569	450.97	22860	3824.42	847	56039
21	88	1967.07	广东阳江	8.0	533	183.91	13140	278.76	427	6115
22	8	1955.06	云南华坪	8.0	109	34.36	577	21.97	118	713
23	12	1961.06	云南腾冲	8.0	36	55.53	683	20.00	171	658
24	13	1961.06	云南中甸	8.0	26	6.61	253	8.31	31	313
25	31	1986.06	西藏尼玛	8.0	5	0.10	2	0.10	1	7
26	34	1989.05	四川巴塘	8.0	65	5.81	24500	24.14	30	772
27	35	1989.09	四川小金	8.0	65	1.32	18140	53.80	9	1521
28	41	1981.08	内蒙丰镇	7.0	7	101.12	800	170.00	32	834
29	44	1982.04	宁夏海原	7.0	9	39.27	664	9.01	17	80
30	45	1982.06	四川甘孜	7.0	17	6.61	266	18.91	4	144
31	46	1986.07	云南剑川	7.0	7	59.83	2150	17.00	23	132
32	50	1983.11	山东菏泽	7.0	2615	703.65	39500	1737.91	133	5358
33	60	1976.04	和林格尔	7.0	475	45.15	22100	16.20	19	127
34	70	1977.12	新疆伽师	7.0	4	30.41	356	69.58	13	408
35	72	1978.05	辽宁营口	7.0	9	313.32	1590	2922.23	70	8120
36	82	1979.08	内蒙五原	7.0	47	88.08	1650	372.61	28	1563
37	87	1969.07	老黄河口	7.1	187	151.15	6400	238.09	55	1323
38	90	1970.12	宁夏西吉	7.0	303	85.12	920	51.50	29	321
39	93	1973.08	四川松潘	7.0	0	0.10	1	0.10	0	2
40	95	1974.04	江苏溧阳	7.0	115	420.24	13174	2491.99	89	7149
41	14	1962.06	云南南华	7.0	46	53.34	123	31.96	21	219
42	15	1963.04	云南云龙	7.0	0	11.74	4	12.28	7	102
43	16	1964.02	云南宾川	7.0	3	75.38	25	66.00	26	391
44	18	1967.01	四川仁寿	7.0	15	38.78	296	434.06	15	1766
45	20	1971.09	贵州道真	7.0	60	167.75	2476	202.01	47	958
46	22	1973.08	云南威信	7.0	26	165.21	131	208.80	47	984
47	26	1978.09	云南普洱	7.0	32	29.83	5	244.61	12	1116
48	36	1989.11	四川重庆	7.0	70	463.78	12250	8165.65	92	18475
49	43	1982.02	江西龙南	6.0	0	143.44	24	431.50	1	28
50	69	1977.10	广西平果	6.0	16	144.89	40	162.61	1	20

伤亡和经济损失作出估计,将有可能适应多种不同的综合评估地震灾情的需要,从不同的角度评估地震灾害强度。所以采用从人员伤亡和经济损失两方面对地震灾情进行评判。对典型震例的有关资料按如下方法处理:

$$\text{人员伤亡}(R)=\begin{cases} \text{死亡人数}+\frac{\text{重伤人数}}{1.5}+\frac{\text{轻伤人数}}{2.5} \\ \text{死亡人数}+\frac{\text{受伤人数}}{2} \end{cases}$$

经济损失 (F):当资料中有总经济损失时,就用其万元为单位的值,仅按国家经济统计的标准(与产值密度同样地)转换为可比价。在资料中缺乏总经济损失时,主要根据毁坏房屋数和该地区当时的一般经济水平以及灾情的其它记述,以专家评判的方法给出一个与总经济损失(单位:万元)相应的评判值。

表 1 中各典型震例的人口密度是震中所在县(市)当年的人口密度,在没有当年的统计资料时,按人口变化的一般情况根据其它年份资料推算。同样地产值密度也是震中所在县的经换算(或估算)的当年的可比价值。

4 模型的建立与分析

对表 1 数据分析发现,只有人员伤亡的对数值与烈度的相关系数达到 0.75,其余无论人员伤亡与人口密度、经济损失与产值密度或是经济损失与烈度等单因素的相关系数都较低(均 <0.58)。这与无论自然致灾因素还是社会经济致灾因素都不能单独决定地震灾害大小,两个因素缺一都不会产生大的地震灾害的认识是一致的。因此可选择自然因素与社会经济因素乘积关系加一个抗灾力修正系数的方式建立地震灾害宏观分析模型。因为地震烈度与地震动强度有近似对数关系,故直接以地震烈度(J)和社会经济因素,即人口密度(R_g)、产值密度(F_g)的对数值再加上抗震水平(K)分别对人员伤亡对数和经济损失对数值作多元回归分析,得到如下两个方程:

$$\begin{aligned} \text{Log}R &= 0.856J + 0.773\text{Log}R_g - 3.32K - 5.96 & r &= 0.89 \\ \text{Log}F &= 0.581J + 0.851\text{Log}F_g - 5.10K - 2.93 & r &= 0.81 \end{aligned}$$

从表 1 所列可以看出拟合结果与原值相差一般在 10 倍之内,即两者在同一数量级内。基本上可满足宏观估计的要求。其中相差大于 10 倍的震例则与因素取值不准有关,例如,第 33 个样本(编号 60)和林格尔地震,由于震中靠近呼和浩特,是该县人口较密集、经济较发达的地区、故以全县平均人口密度和平均单位面积工农业总产值是明显偏低的,同样地第 26 个样本(编号 34)、第 31 个样本(编号 46)震中在县城附近, R_g 和 F_g 值因取全县平均值而偏低,所以 R 和 F 的拟合值也都偏低。而第 18 个样本(编号 47)是发生在人烟稀少的地区,第 42 个样本(编号 15)、第 43 个样本(编号 16)和第 47 个样本(编号 26)震中在两个县交界、人口较稀、经济较落后的山区,其 R_g 和 F_g 因取全县平均值而偏高,致使对 R 和 F 的拟合值偏高。由此可见按县平均人口密度和县平均产值密度,作为地震灾害孕灾社会经济环境因素

分析估计地震灾害大小会引起一些误差，特别是对那些经济发展和人口密度在一个县内分布不均匀的地区（如云南、贵州、新疆、青海等省、自治区）。但至少在当前和不久的将来要取得复盖全国的比分县更详细的社会经济情况之资料是很难的，而且对未来地震发生地点也不可能准确确定。这就确定了为全国抗灾工作服务的地震灾害之宏观分析至少目前只能达到上述这样精度。表 2 所列的是两个没有用于回归分析的震例及按上两方程计算得到的人员伤亡

表 2 地震灾害估算检验

Tab. 2 Test on the estimation of earthquake disasters

编号	年月	地 点	烈度	伤亡 人数 (人)	人口 密度 (人/km ²)	经济 损失 (万元)	产值 密度 (百元/km ²)	模拟伤 亡人数 (人)	模拟经 济损失 (万元)
3	1951.12	云南鹤庆	9	1559	323.31	9947	104.34	4822	10471
17	1966.02	云南东川	8.5	758	152.16	2406	2406	1000	5248

和经济损失的估算值。它们的结果都达到上述的精度。说明运用上两个方程对地震灾害的人员伤亡和经济损失进行宏观估算是可行的。特别是对于进行灾害空间地域差异的宏观分析来说就更是如此。因为对一个区域地震灾害的总体评判除了一次地震的灾害大小外，还应该考虑地震发生的频度，而频度的估算显然更困难，对频度的估算精度实际上远小于上述的精度。这样即使对单次地震灾害损失的估算精度有很大的提高，对一个区域地震灾害的宏观评判之精度也不能得到相应的提高。只有在对地震发生的烈度和频度的估计上都有较大进展时，进一步提高对单次地震灾害大小估算的上述精度才有现实意义。

参 考 文 献

1 国家地震局震害防御司编译. 未来地震的损失估计方法. 地震出版社, 1991.
2 未来地震灾害损失预测研究组. 中国地震灾害损失研究. 地震出版社, 1990

A STUDY ON THE MACROSCOPIC ANALYSIS OF EARTHQUAKE DISASTER

Li Juzhang

(Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

Abstract

Based on the study of genetic mechanism of earthquake disaster, the seismic intensity, population density, per unit area total product values of industry and agriculture were selected as the indicative factors. According to the data from the 50 earthquake examples, a regression equation among the personal injury, economic loss and above factors have been established, which is used for the macroscopic evaluation of regional earthquake disasters. In the tests by using it in the other two seismic samples, the results can satisfy the requirements for macroscopic analyses. It proves that the method can reduce the dependence upon the historical information about earthquake disasters, and promote the depth and accuracy of the research on disastrous regional differentiations.

Key words Earthquake, Disaster, Macroscopic