

秦娟、王赞军、王宏超等, 2018, 关于 1856 年黔江-咸丰地震震中烈度与震级的探讨, 中国地震, 34(3), 551~564.

关于 1856 年黔江-咸丰地震 震中烈度与震级的探讨

秦娟 王赞军 王宏超 董娣 李翠平 龚丽文 唐茂云

重庆市地震局, 重庆市渝北区红黄路 339 号 401147

摘要 1856 年黔江-咸丰地震在不同版本的目录中, 震级和震中烈度均存在不小的差异。本文通过对 1856 年黔江-咸丰地震史料的收集, 查阅更大范围的史志、地方志, 详细分析了史料中此次地震造成的震害情况。对黔江-咸丰地震进行实地考察, 并通过对西南山区近年来几次地震的对比分析, 从震害角度、地震烈度图不同烈度面积的角度, 进一步讨论震中烈度的可能性。采用多种方法对地震震级进行估算。但黔江-咸丰地震的震中烈度和震级确定依然是个难题, 还需进行进一步研究。

关键词: 震中烈度 震级 有感范围 史料 震害

[文章编号] 1001-4683(2018)03-0551-14 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

0 引言

1856 年 6 月 10 日(清咸丰六年五月八日)在重庆黔江区后坝乡与湖北咸丰县大路坝乡之间发生一次地震, 被称为 1856 年黔江-咸丰地震。此次地震波及范围较广, 破坏力较大, 是重庆地区有史以来发生的最大地震, 同时也是伤亡较重的一次地震。

关于此次历史地震及震害特点已有相当多的资料和工作。较早涉及此次地震的是李善邦先生 1960 年主编的中国地震目录以及之后各版地震目录(中央地震工作领导小组办公室, 1971; 顾功叙, 1983; 中国地震简目编辑组, 1988; 国家地震局震害防御司, 1995), 其他一些研究工作也对此地震补充了资料, 并对其参数进行过修订。第 1~3 版中国地震目录中, 此次地震的震中烈度为Ⅶ、震级为 5~5 $\frac{3}{4}$ 。之后的工作和最新版的地震目录震中烈度多为Ⅷ度、震级为 6~6 $\frac{1}{2}$, 刘锁旺等(1981)给出的震中烈度为Ⅸ度。20 世纪 60 年代中国科学院地球物理研究所昆明站(现改名为中国科学院昆明地球物理研究所)对此地震进行过考察。70 年代以来, 国家地震局武汉地震研究所、四川省地震局、重庆市地震局等多家单位对此次地震进行过多次实地调查, 其中, 刘锁旺等分别于 1976 年、1980 年、1986 年多次进行考察, 补充了地震震害遗迹和房屋破坏情况等, 并写出了详细的报告。但是关于此次地震震中烈度和震级的争议一直存在。由于极震区地质灾害严重, 震中烈度、震级是否会更大? 本文试图通过对资料的进一步收集(谢毓寿等, 1987; 闵子群, 1989; 湖北地震志编纂委员会,

[收稿日期] 2017-07-19; [修定日期] 2018-06-01

[项目类别] 中国地震局地质研究所基本科研业务专项(IGCEA1609)资助

[作者简介] 秦娟, 女, 1979 年生, 高级工程师, 主要从事地震活动性、地震应急等方面研究工作。E-mail: qj5550@163.com

1990;中国地方志集成编委会,1992;丁仁杰等,2004;孙成民等,2010;徐锡伟等,2017),查阅更大范围的地方志、史志,详细分析史料中此次地震造成的震害情况,通过对西南山区近年来几次地震的震害、地震烈度图的不同烈度面积的比较,对此次地震的震中烈度、有感范围、震级进行讨论。

1 史料记载

黔江-咸丰地震有感范围较广,记载颇丰,史料的可靠性较高。此次地震史料收集相关县市地方志、史志等资料,摘录见表1(谢毓寿等,1987;中国地方志集成编委会,1992)。

2 史料分析

2.1 震害现象解析

湖北咸丰大路坝和重庆黔江后坝以场镇街心为界,分属两省(市)管辖。上节给出的史料中,震害最严重的地方在咸丰的大路坝和黔江的后坝。

本次地震记载最早见于同治二年《酉阳直隶州志》,是震后6年的走访补记,其次是震后8年的《恩施县志》,震后9年的《咸丰县志》……,《黔江县志》记载相对全面,是震后38年的补记。

《酉阳直隶州志》中记载:“大路坝,山崩十余里,压死左右民居三百余家……十五里内民户皆为齏(音跻)粉”;《咸丰县志》:“地大震,大路坝山崩,由梅家湾、板桥溪抵蛇盘溪三十余里成湖,匿毙居民以数百计”;从以上描述可以看到发生了地震、山崩、堰塞湖等,给出了此次地震造成的地质灾害、建筑破坏,以及人员伤亡数量。震中区为土家族居住区,特点是依山傍水,吊脚楼居,形成院落。当地的房屋建筑类型大多数为穿斗木结构房屋和土家族吊脚楼及其他土木结构房屋。家境富有的穿斗木结构房屋和土家族吊脚楼房屋抗震性能较好,一般房屋的抗震性能相对较差些。史料记载中地质灾害严重,房屋或是地震山崩时掩埋或是水淹倒塌。

《黔江县志》中记载:“忽大声如雷震,室宇晃摇,势欲倾倒,屋瓦皆飞;池波涌立,民惊号走出,仆地不能起立。”以上描述是后坝乡的震害现象,先有巨大的雷震之声,而后房屋摇晃,屋顶梭瓦或瓦片震动飞落,池塘中出现浪花,民众惊逃户外,站立不稳,趴在地上不能站起来;后坝许家湾:“山崩”“地中石亦迸出,横飞旁击,压毙居民数十家”,描述了山崩塌,地上石头飞溅出去,砸坏民居,压死百姓;小南海:朝阳寺“而兹寺无恙,庙貌依然”,这些宫庙在当时应算公共建筑,取之集体之财力,其建筑材料、质量应优于百姓的普通民房,其抗震性能也应高于普通民房。“地震山崩,塞断溪口,后雨水,涧积流不通,潴为大泽,延袤二十余里,田土尽被淹没”。这句话讲述了小南海堰塞湖的形成及规模。

《奉节县志》记载“地震”,判定该地区地震烈度为Ⅳ度。《巫山县志》记载“地震”,判定该地区地震烈度为Ⅳ度。《永绥直隶厅志》记载“地震”“屋瓦皆动”,地震烈度为Ⅳ度。《保靖志稿辑要》记载“地震”,“屋宇什物动摇,城乡如一”,判断地震烈度为Ⅳ度。

2.2 关于震前震后宏观现象

此次地震震前:后坝“斯地连日隐隐雷震”,“先数日,日光黯淡,地气蒸郁异常,是日弥甚……”;黔江北:“各处井水咸,涌出红水”;湖南花垣:“前数日各处水井成涌出红水”。

表 1 1856 年黔江-咸丰地震史料记载摘录

序号	资料来源	地震时间	地震记录地点	地震历史记载
1	(清)李勋、何远鉴《来凤县志》卷三二同治五年刊本	公元 1856 年 6 月 10 日(咸丰六年丙辰夏五月六日,(应为五月八日))	大路坝	咸丰六年丙辰夏五月六日辰时地震,屋瓦皆动。同日地震者环数百里皆然。咸丰、黔江之交,地名大路坝独甚。山崩十余里,压死左右民居三百余家。……
2	(清)张梓、张光杰《咸丰县志》卷二〇同治四年刊本	公元 1856 年 6 月 3 日~7 月 1 日(咸丰六年五月)	大路坝蛇盘溪	咸丰六年五月地大震,大路坝山崩,由梅家湾、板桥溪抵蛇盘溪三十余里成湖,匿毙居民以数百计,李姓最多。
3	(清)王麟飞等《增修酉阳直隶州志》卷末页 23 同治二年	公元 1856 年 6 月 3 日~7 月 1 日(咸丰六年丙辰夏五月)	大路坝	(咸丰)六年丙辰夏五月地震。黔江来风之交,地名大路坝,山崩十余里,压杀左右民居数百家。山麓故有小河,河为山石所壅,水逆行,淹没地方复二十余里,溢而为池,广约六七里,深不可测。当地震时,大山陷入地内,忽复文跳掷,上出而后下堕。尘土盆涌(盆音愤),洪水乱喷,十五里内民户皆为齏<音跻>粉。近河低处素有田,既震陷后,田内秧苗,忽有在山上者。人户仓廩中稻谷亦有粉叠山阜者。又地无小阜,至是大山下陷,另涌出小阜十余。盖向之下田,反变而为陵阜矣。……
4	(清)王葆心《虞初新志·甲编》卷二页 33 民国九年	公元 1856 年 6 月 10 日(咸丰六年五月初八日)	大路坝黔江北	大路坝忽逢地震,万岭动摇,山裂溪涌,十余里内人畜压死者不可数计。黔江北,震前数日,各处井水咸,涌出红水。
5	(清)王葆心《虞初文志·甲编》卷二谢元淮《咸丰刘孝子歌序》商务印书馆印本	公元 1856 年 6 月 10 日(咸丰六年丙辰夏五月八日)	大路坝	施南原土司地,咸丰处万山中,大路坝尤称绝险,嵒岩夹峙,中贯溪河,……咸丰六年丙辰夏五月八日忽遭地震,万岭动摇,山裂溪涌,十余里内人畜颠压死者不可数计。……
6	(清)冯世瀛 冉崇文等《酉阳直隶州志》同治三年	公元 1856 年 6 月 10 日(咸丰六年五月初八日辰刻)	大路坝	黔江有地曰大路坝,四周皆山,中一溪自板夹溪来,绕坝而出,溪两旁皆居民,约三百余户。咸丰六年五月初八日辰刻,地震山崩,压死男妇千余,民户无复存者……
7	(清)张仲所 杨承禧《湖北通志》卷七六宣统三年刊本	公元 1856 年 6 月 3 日~7 月 1 日(咸丰六年五月)	恩施大路坝	咸丰六年五月,恩施地震,同日震者远近数百里皆然。咸丰大路坝独甚,山崩十余里,压死三百余家。……
8	梦秋月 罗华芳立黔江《两河口义渡碑》同治五年	公元 1856 年(咸丰六年)	轿顶山	渡名两(河)口,依古□□。昔两溪之水到此会合,故以两河口名。河下十里许,有山名轿顶山,因咸丰六年地震,而此山崩,压死千有余人,河塞水涌,荡析百有余户。即余祠宇醮产田□□概被水淹,水道逆行二十余里,此处变为深渊,往来行□被阻有日,临河而□者屡屡也。余由是在同治二年自板夹溪顺河依山修成垣路,直达后坝场,是口工竣设渡,即以此处为上渡,嘴溪沟为下渡,各造渡船一只……
9	(清)张九章 陈潘垣《黔江县志》卷四页 36 光绪二十年	五月初八日辰刻	大路坝	附咸丰知县卢慎徽《刘孝子传》。刘光贵者,邑之义悌里大路坝人。结庐山谷,母老且病,性笃孝……母寝食,必躬亲,无倦容……,咸丰乙卯(?)五月初八日辰刻地震,数十里山崩石走,压毙居民甚伙……



续表 1

序号	资料来源	地震时间	地震记录地点	地震历史记载
10	(清)张九章 陈潘垣 《黔江县志》卷五页 53 光绪二十年	公元 1856 年 6 月 10 日(咸丰六年夏五月壬子)	后坝 许家湾	咸丰六年夏五月壬子地大震,后坝乡山崩。先数日,日光黯淡,地气蒸郁异常,是日弥甚。辰、巳间忽大声如雷震,室宇晃摇,势欲倾倒,屋瓦皆飞;池波涌立,民惊号走出,仆地不能起立。后坝许家湾(距县治六十余里)溪口有山矗起,倏中断如截,响若雷霆。地中石亦迸出,横飞旁击,压毙居民数十家,溪口遂被堙塞。……
11	(清)张九章 陈潘垣 《黔江县志》卷一页 34 光绪二十年	公元 1856 年 6 月 10 日(咸丰六年丙辰夏五(月))	黔江 后坝乡	(附志补)张公游记…己丑夏,承乏黔江,甫下车,闻邑绅有谈小南海者曰:咸丰六年丙辰夏五(月),斯地连日隐隐雷震,确訇欲裂,居民惶遽,逃避无所二忽霹雳一声,天翻地覆,大山陷入地中,复跳掷上出而后下堕,石花乱飞,洪水喷出,压毙民口、庐舍无算……水在山巅,山为低小,阔祇数里,长竟数十里。上通板夹溪,乘船渡过。……而兹寺无恙,庙貌依然。迄今山巅,高出水中,林木青葱,远近望若浮图。……
12	(清)张九章 陈潘垣 《黔江县志》卷三页 32 光绪二十年	公元 1856 年 6 月 10 (咸丰六年五月初八日)	后坝 孙家坝	附学田:前志田共二地,一在后坝乡,上下二段,上段孙家坝于咸丰六年五月初八日地震,全行坍塌,少去租谷十六石……。
13	(清)张九章 陈潘垣 《黔江县志》卷三页 3 光绪二十年	公元 1856 年 6 月 10 日(咸丰六年五月初八日)	后坝	咸丰六年五月初八日地震,压去后坝上中下田地计一十二顷五十六亩九分六厘,时署县同书稟请上宪每年免征地丁条粮银二十二两三钱四分零四毫,奉批飭地方官司照额捐廉补解。
14	清末《黔江县乡土志》	公元 1856 年 6 月 10 日(咸丰六年夏五月壬子)	小南海	小南海,咸丰六年夏五月壬子,地震山崩,塞断溪口,后雨水,涧积流不通,潴为大泽,延袤二十余里,田土尽被淹没。中有小山,古刹在焉。水盛时浸寺址,四面汪洋,宛若石鱼。湖中小瀛海,土人讹为小南海云。
15	(清)杨铭 伍清祥 《綦江县志》卷一〇 同治二年刊本本	公元 1856 年 6 月 10 日(咸丰六年丙辰五月初八日)	南川、巴县 (今重庆市)	咸丰六年丙辰五月初八日[南川]陈家场及巴邑太和场一带地微震。
16	(清)曾秀翹 杨德坤 《奉节县志》卷一一页 1 光绪十九年刊本	公元 1856 年 6 月 10 日(咸丰六年五月初八日)	奉节	咸丰六年五月初八日(奉节)辰刻地震
17	(清)连山 李友梁 《巫山县志》卷一〇页 5 光绪十九年刊本	公元 1856 年 6 月 10 (咸丰六年五月初八日)	巫山	咸丰六年五月初八日辰刻(巫山)地震。
18	(清)谢必坚 李炳灵 《垫江县志》卷一〇页 32 光绪二十六年	公元 1856 年 6 月 10 日(咸丰六年五月初八日)	垫江	咸丰六年五月初八日未刻(垫江)地震
19	(清)冉崇文 《彭水县志》卷三 同治四年	公元 1856 年 6 月 3 日~7 月 1 日(咸丰六年五月)	彭水 郁山镇	咸丰六年五月,黔江地震之后,(郁山镇)诸(盐)井忽然涌溢,水多且咸。

续表 1

序号	资料来源	地震时间	地震记录地点	地震历史记载
20	(清)多寿 罗凌汉 《恩施县志》卷一二 同治三年刊本	公元 1856 年 6 月 10 日(咸丰五年夏五月初八日)	湖北恩施	咸丰五年夏五月初八日地震。
21	(清)张仲所 杨承禧 《湖北通志》卷七六 宣统三年刊本	咸丰六年五月	湖北恩施	咸丰六年五月,恩施地震,同日震者远近数百里皆然。
22	(清)蒋琦湾 张汉槎 《乾州厅志》卷五 同治十一年刊	1856 年 6 月 13 日(咸丰六年五月十一日)	湖南乾州厅(今吉首)	咸丰六年五月十一日辰刻地震。
23	(清)周玉衡 杨瑞珍 《永绥直隶厅志》卷一 同治七年刊本	公元 1856 年 6 月 10 日(咸丰六年五月初八日)	湖南永绥厅(今花垣)	咸丰六年五月初八日,己午之交地震。屋瓦皆动,前数日各处水井成涌出红水。 笔者按:嘉庆元年以辰州府之永绥厅改设永绥直隶厅即今湘西土家族苗族自治州之花垣县。
24	(清)罗经畬 《保靖志稿辑要》卷四 同治八年刊本	公元 1856 年 6 月 10 日(咸丰六年丙辰夏五月初八)	湖南保靖	咸丰六年丙辰夏地震。五月初八日辰、巳时地震,屋宇什物动摇,城乡如一。
25	(清)卞宝第 曾国荃 《湖南通志》卷二四四 光绪十一年刊本	1856 年 6 月 3 日—1856 年 7 月 1(咸丰六年丙辰五月)	湖南乾州、永绥、保靖、龙山	咸丰六年丙辰五月,乾州、永绥、保靖、龙山地震。

此次地震后:“咸丰六年五月,黔江地震之后,(郁山镇)诸(盐)井忽然涌溢,水多且咸”。震前的这些宏观现象是否可信?存在这些现象一定会发生地震吗?能否说明地震震级的大小?这些问题可能还需要其他更有力的证据来证明。郁山镇距离黔江 40 多千米,在郁山镇出现的这些现象,也不一定能说明黔江-咸丰地震的震级大小。

2.3 《献中黔江》中关于公署、公建和宗教记载分析

公署:县署,明洪武二十三年知县卢祥创建,后经历次修缮。咸丰十一年,发匪陷城被毁;都司署,康熙元年游击江藤海始建,后经历次修缮。咸丰十一年,演武厅、火药局被毁。县署、武署均未提到因咸丰六年的地震而受损。

公建:大桥、关隘、街场的描述中都没有提到咸丰六年的这次地震对其影响。

宗教:文庙,咸丰十一年发匪陷城,全庙毁败;关帝庙,明万历三十三年修,康熙五年补修,咸丰十一年被发匪陷毁;衙神祠,道光十二年创建,咸丰十一年被匪焚毁。庙坛、正祀、通祀、寺观等的描述中没有提到咸丰六年的这次地震对其影响。

2.4 关于史料综合性认识

通过史料的分析,发现震害最严重的地方位于湖北咸丰县的大路坝和重庆黔江区的后坝乡。震中区地质灾害严重,但是关于房屋震坏的记载不多,房屋或是地震山崩时掩埋或损毁,或是被水淹。无明确的建筑因震动造成倒塌的震害记载,只有滑坡崩塌地质灾害造成的房屋与人员压埋记载。翻阅整本《黔江县志》,发现公署、公建和宗教等建筑没有发生破坏的记载。本次地震有震前震后宏观现象的记载,但是可信程度值得思考,且这些宏观现象对判断地震发生和地震震级的大小都没有太大价值。对黔江-咸丰地震震中烈度判定需要综合考虑房屋破坏情况和地质灾害情况,推测震中烈度可能为Ⅷ~Ⅸ度,但还需要更多的证据来



证明。黔江-咸丰地震有史料记载的县共有 12 个,资料相对丰富,在后面有感范围的确定上,本文将综合考虑各个史料的记载情况并进行仔细分析,从而给出较为可信的有感范围。

3 与其它几次地震的对比研究

影响地震烈度大小的因素有:地震等级、震源深度、震中距离、地质条件、建筑物性能、震源机制、地貌和地下水等。通过对西南山区近年来几次地震的对比分析,找出了一些规律。本文试图从震害角度、地震烈度图不同烈度面积的比较,对震中烈度进行讨论。表 2 给出了几次地震的基本参数与震中烈度。

表 2 地震基本参数与震中烈度

序号	震例	发震日期 (年-月-日)	震级 <i>M</i>	震中位置 /(°)	震源深度 /km	震中烈度
1	云南鲁甸地震	2014-08-03	6.5	N27.1;E103.3	12	IX
2	云南景谷地震	2014-10-07	6.6	N23.4;E100.5	5	VIII
3	云南盈江地震	2014-05-30	6.1	N25.0;E97.8	12	VIII
4	云南宁蒗-四川盐源地震	2012-06-24	5.7	N27.7;E100.7	11	VII
5	黔江-咸丰地震	1856-06-10	—	N29.2;E108.8	—	VIII

3.1 几次地震震害情况的对比

对照《GB/T 17742-2008 中国地震烈度表》(中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,2009),将黔江-咸丰地震与近年来西南山区几次地震震害情况进行对比,见表 3。表 3 中鲁甸地震和景谷地震的震害情况参考了洪海春等(2015)的研究,盈江地震震害情况参考了吴坤罡等(2015)的研究。通过对比地震的灾害特点、地震造成的崩塌、滑坡、地表破裂、房屋损毁、人员伤亡等,对黔江-咸丰地震的震级、震中烈度有一个认识。

3.1.1 地形地貌

从表 3 可以看到,与其它几次地震相比,从地形地貌上,黔江-咸丰地震与云南鲁甸地震、云南宁蒗-四川盐源 5.7 级地震最相似,都是高山峡谷地貌。

3.1.2 建筑类型及破坏情况

黔江地区的房屋类型主要是穿斗木结构、土木结构,其中,穿斗木结构具有较好的抗震性能,与云南景谷和云南宁蒗-四川盐源地区房屋类型相似。

由于已震后百年,考证其房屋、构造物破坏,是一件很难的事。不过从史料记载上看,公署、公建和宗教等建筑没有发生破坏的记载。朝阳寺“而兹寺无恙,庙貌依然”。收录在《四川地震全记录》中的 1969 年 12 月《关于咸丰六年黔江地震调查访问笔记》,中坝乡地震座谈纪要,向林清(65 岁):“咸丰六年地震,我们这里锅里的水荡出来,房屋似风吹,像坐在船里边摇摆一样。有一个阎大爷的去送早饭,在路上就感到地晃动,头昏,树子都动摇,但房子没倒,瓦片也没掉。”向平川(79 岁):“听老辈子讲,地震时锅里的水都荡出来。听说垮岩第一天跨一边,第二天跨一边,才把河沟堵断,经过一年多才把水关起来。另外听说这里房子摇摆较厉害,有瓦片掉落,但没有倒房、拔樨现象。”大路坝乡地震座谈纪要,罗中和(75 岁):“新建乡街上有一座一百多年的老庙子,都没有垮,就是墙裂了缝,听老的讲,这两条缝就是



表 3 地震震害情况

序号	震例	灾害特点	震区地貌	当地建筑特点	崩塌体分布	地裂缝和地表变形	倒塌和破损房屋	伤亡人口
1	云南鲁甸 6.5 级地震	震级高，震源浅，所以造成了严重的人员伤亡和财产损失。高山峡谷地貌，由于正处在雨季，地震引发了比较严重的滑坡、泥石流、滚石以及堰塞湖形成等次生灾害，也加重了这次地震的损失。人口稠密使得这次地震所影响的灾区人口数量多，灾害也比较重	西南山区	简易房屋（土木、砖木、石混）、砖混结构和框架结构三类	滑坡 1050 处、崩塌 165 处，其中最大的牛栏江堰塞体 500 万立方米	地裂缝 15 条，地面塌陷 15 处。龙头山镇光明村至王家坡之间出现 2km、近于直立的地震地表破裂带。	8.09 万间房屋倒塌和破损	617 人死亡；112 人失踪，3143 人受伤。
2	云南景谷 6.6 级地震	突出特点：一是震级高，震源浅，波及范围广；二是灾区范围大，灾害损失重；三是人员伤亡相对较轻	西南山区	土木、砖木结构为主。穿斗木结构居多，具有良好的抗震性能	滑坡约 200 处，崩塌约 10 处	长海水库坝顶沿坝轴线出现连续贯通的裂缝，裂缝长 107m，最深达 2m，宽为 8~15cm	倒塌房屋 2172 户 6522 间	1 人死亡，323 人受伤，其中重伤 8 人。
3	云南盈江 6.1 级地震	先发生 5.6 级、后发生 6.1 级地震，两次地震震害叠加	西南山区	钢筋混凝土框架结构、底框砖房结构、砖混结构、砖木和部分土木结构	11 处滑坡体	地裂缝长度大多为 5m，宽度最长可达 20cm	倒塌 716 户 3487 间	45 人受伤，其中：重伤 8 人，轻伤 37 人。
4	云南宁蒗、四川盐源 5.7 级地震	地震灾区只涉及农村，房屋为土木结构和穿斗木结构	西南山区	土木结构和木垛房（穿斗结构）	无	没有发现	毁坏和严重破坏，12649 间 1435 户	4 人死亡，28 人重伤，414 人轻伤
5	黔江咸丰地震	山峦起伏，溪河纵横，岭谷相间，山高坡陡，区内地质岩性主要为侏罗系和志留系的砂岩与页岩互层的岩系，裂隙极为发育，结构破碎，风化强烈。“山崩十余里，压死左右民居三百余家……十五里内民户皆为齏（音：碎）粉”。“地大震，大路坝山崩，由梅家湾、板桥溪抵蛇盘溪三十余里成湖，匿毙居民以数百计”。“忽如雷震，室宇晃摇，势欲倾倒，屋瓦皆飞；池波涌立，民惊号走出，仆地不能起立。”	西南山区	穿斗木结构、土木结构，穿斗木结构具有良好的抗震性能	巨型滑坡和山崩共有 6 处，断续延伸 10 余里，形成 10 余处堰塞湖，现存的小南海地震堰塞湖，大、小垮岩崩滑体积量约 4500 万立方米	经现场勘查与核实，湖北局刘锁旺等人看到的展布在极震区北部称为大石板岩的“地裂缝”实为一组岩溶裂隙，呈 NNW 走向，一般宽 0.5 ~ 0.8m，最宽处 2.0m，长数百米，可见深度 30 余米，岩溶顺大型节理面发育，大部分地段以暗河形态存在，局部裸露地表，在上下游可以找到洞口	从史料记载上看，小南海朝阳寺“而兹寺无恙，庙貌依然”，公署、公建和宗教等建筑没有发生破坏的记载。1969 年 12 月《关于咸丰六年黔江地震调查访问笔记》中关于房屋的描述表明房屋没有震倒。2017 年作者对“向家湾湖”附近居民调查发现房屋没有震倒	死亡人口可能达到 1000 多人。

在咸丰地震那年裂的。”杨中成(86岁):我父亲3岁时地震那天早上,我祖母到外边去了。地震时,我父亲当时吓得抱着柱子哭,我祖母走回家时,灶被震垮,锅掉在灶洞里,但房子没垮。小东塘那里压了一户大地主在下面,其它有3幢房子被冲垮。”从以上调查记录中采访对象的描述可以看出当地房屋的破坏情况。作者也在2017年10月访问了居住在“向家湾湖”周边的多位中老年人,证实向家湾湖水面之下确实存在房屋3间,房屋在塘内靠北,房主姓温,该塘原名温家塘,房屋在地震当天随地面沉陷而下沉形成这个湖塘,20世纪70年代村里准备利用该塘发展养鱼,将水抽排清理时,村民们都看见了较完整的建筑物,没有被震倒。

黔江-咸丰地震房屋类型接近云南景谷地震、云南宁蒗-四川盐源5.7级地震时的当地房屋类型,但房屋或是山崩时掩埋或损毁,或是被水淹,没有房屋被震倒的例子。

3.1.3 滑坡和崩塌

从地震引起的滑坡、崩塌等地质灾害看,黔江-咸丰地震引起的滑坡数量、崩塌体量又超过了表中所列的几次地震,但是这些滑坡、崩塌是不是一次地震事件造成的?有没有可能是几次地震造成的灾害叠加?该地区是极易发生地质灾害的,黔江地区境内山峦起伏,溪河纵横,岭谷相间,有没有可能是地震引起的山体崩塌或者自然垮塌?这些都需要科学技术的进一步发展后进行研究。

3.1.4 地表破裂

除了黔江-咸丰地震和云南宁蒗-四川盐源5.7级地震外,其余几次6级以上地震均发现了地裂缝。多年来,多位同仁都对黔江-咸丰地震进行过实地调查,本次工作对前人发现的疑似地裂缝进行了核实。湖北局刘锁旺等人看到的展布在极震区北部被称为大石板的“地裂缝”实为一组岩溶裂隙,呈NNW走向,一般宽0.5~0.8m,最宽处2.0m,长数百米,可见深度30余米,岩溶顺大型节理面发育,大部分地段以暗河形态存在,局部裸露地表,在上下游可以找到洞口。在震中区及其附近的断裂调查中均未发现存在全新世活动断层的形迹,未找到断错晚第四系的直接证据,也未发现1856年咸丰地震形成的地震地表破裂带。

将这几次地震的房屋震害现象和其它地质灾害现象进行综合分析,考虑到黔江-咸丰地震极震区地质灾害的不确定性,推测黔江-咸丰地震震中烈度可能为Ⅷ度。

3.2 地震烈度图不同烈度面积的比较

通过比较这几次地震的影响范围,对黔江-咸丰地震的震中烈度进行讨论,并推测震级。根据中国地震局发布的这几次地震的地震等烈度线图(详见中国地震局网站),得到表4中不同烈度区的面积。其中,黔江-咸丰地震的等烈度线图是根据《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)中给出的1856年黔江-咸丰地震等震线图,经数字化后得到的。从表4可以看到,黔江-咸丰地震的极震区Ⅷ度区面积与云南盈江6.1级地震的Ⅷ度区面积接近,比鲁甸和景谷相应烈度区的面积小很多,云南宁蒗-四川盐源5.7级地震没有Ⅷ度区;黔江-咸丰地震Ⅶ度以上烈度区面积与云南宁蒗-四川盐源5.7级地震相应面积相比略大,小于云南盈江6.1级地震相应面积,比景谷、鲁甸地震相应面积小得多;黔江-咸丰地震Ⅵ度以上烈度区总面积比云南宁蒗-四川盐源5.7级地震相应面积略大,比云南盈江地震的相应面积小近一半,比云南鲁甸和景谷地震相应面积小得多(可能是因为云南盈江6.1级地震前还发生过一次5.6级地震,震害是两次地震的叠加)。黔江-咸丰地震从极震区(Ⅷ度区)到破坏区(Ⅵ度以上烈度区总面积)再到有感范围区,一路衰减较



表 4 地震烈度图不同烈度面积比较

序号	震例	震级	烈度	面积 / km ²	Ⅵ度以上 烈度区总面积 / km ²	Ⅶ度以上 烈度区总面积 / km ²	有感范围	数据来源
1	云南 鲁甸地震	6.5	9	90	10350	1960	云南昆明,四川 成都、乐山,重 庆等多地有震 感	中国地震局网站对 外发布数据
			8	290				
			7	1580				
			6	8390				
2	云南 景谷地震	6.6	9	无	11930	2150	云南全境均有 震感	中国地震局网站对 外发布数据
			8	400				
			7	1750				
			6	9780				
3	云南 盈江地震	6.1	9	无	4180	560	云南瑞丽、大理 等地均震感明 显	中国地震局网站对 外发布数据
			8	70				
			7	490				
			6	3620				
4	云南宁蒗- 四川盐源地震	5.7	7	310	2218	310	—	中国地震局网站对 外发布数据
			6	1908				
5	黔江- 咸丰地震	待定	9	无	2324	512	最远重庆巫山 有感	《中国历史强震目录 (公元前 23 世纪—— 公元 1911 年)》,1995
			8	68				
			7	444				
			6	1812				
			9	80	2232		最远重庆巫山 有感	刘锁旺,1981
			8	520				
			7	1632				

快,比较符合重庆地区烈度衰减较快的特征。若震中烈度为Ⅸ度,按照刘锁旺等(1981)给出的等烈度线图,得到的Ⅶ度以上烈度区总面积比云南鲁甸和景谷地震的相应面积略大,但是有感范围却比云南鲁甸和景谷地震小很多,存在矛盾,不符合衰减规律。由以上分析得出,黔江-咸丰地震的震中烈度可能为Ⅷ度,震级比云南鲁甸和景谷地震小,比云南盈江地震震级小或者接近,与云南宁蒗-四川盐源震级接近或略大。

4 有感范围

有感范围的大小与历史地震的震级有一定的关系,因此本次工作对史料记载进行了重新调查、核实。

4.1 调查范围

本次调查根据黔江-咸丰地震有感范围(黄伟,1993),并扩大调查范围半径为 250km 左右,涉及查阅 64 个区县的历史资料。查阅了《綦江县志》《奉节县志》《巫山县志》《垫江县志》《彭水县志》《恩施县志》《乾州厅志》《永绥直隶厅志》《保靖志稿辑要》《湖北通志》《来凤县志》《咸丰县志》《增修酉阳直隶州总志》《黔江县志》《黔江县乡土志》《虞初新志甲编》

《虞初志》《虞初志·甲编》《湖北通志》《湖南通志》等几十册史料。

4.2 有感范围圈定

根据史料记载重新绘出了Ⅳ度的有感范围圈(图 1)。黔江-咸丰地震最大有感范围到重庆巫山,距离约 200km,有感范围 56000km²。在各版地震目录(李善邦,1960;中央地震工作领导小组办公室,1971;顾功叙,1983;中国地震简目编辑组,1988;国家地震局震害防御司,1995)、《中国历史地震图集》(国家地震局地球物理研究所等,1990)和《四川活动断裂与地震》(唐荣昌等,1993)中,均将黔江-咸丰地震有感范围西边界划到了重庆巴南或垫江附近。但是笔者发现黔江-咸丰地震发生后,万州、石柱、忠县、丰都、武隆等地均没有受到黔江-咸丰地震影响的记载,而万州、涪陵、忠县、长寿是相对繁荣且建制完整的区县。为何距离黔江-咸丰地震更近的这些地区均没有记载,而会在更远的垫江和南川有记载呢?因此笔者对史料进行了更全面、详尽的分析。

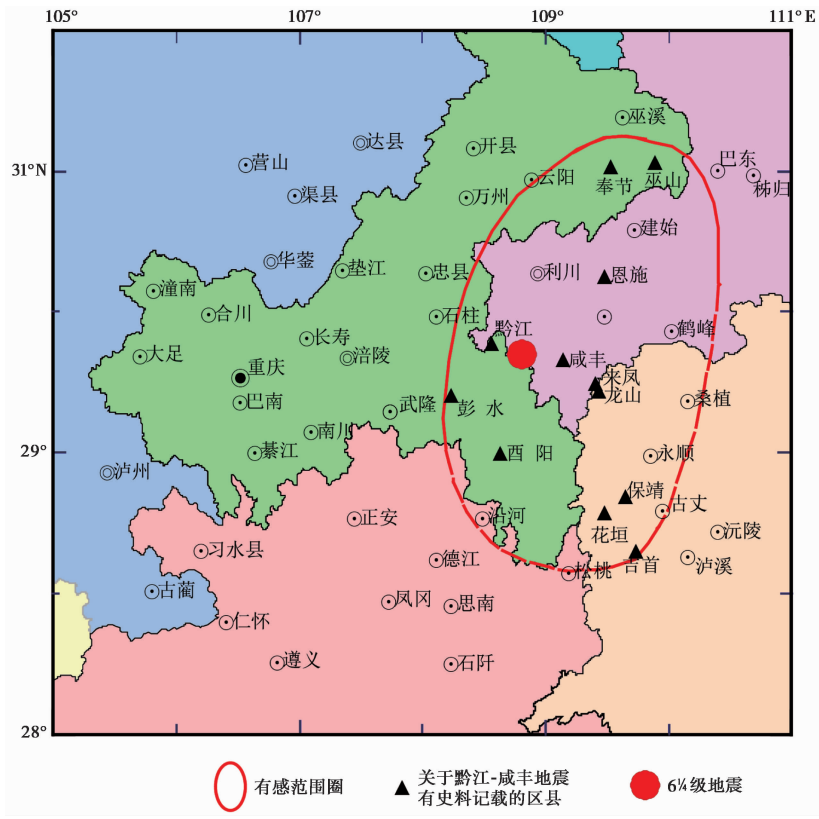


图 1 黔江-咸丰地震有感范围

表 1 史料中,《垫江县志》记载“咸丰六年五月初八日未刻(垫江)地震”,发震时刻为“未刻”,与黔江-咸丰地震的发震时刻“辰刻”、“辰、巳间”,不一致,一个记载发生在下午,一个记载发生在上午,“未刻”是下午 1~3 点,“辰刻”是上午 7~9 点,“巳刻”是上午 9~11 点,发震时间不同。《綦江县志》记载“咸丰六年丙辰五月初八日南川陈家场及巴邑太和场一带地震”。此次地震距离 1854 年 12 月 24 日发生在陈家场的 5½ 级地震有一年半的时间,有可



能为 1854 年南川地震的余震。1854 年南川地震是主震-余震型地震,余震持续 1、2 年,这次地震与 1854 年南川 5½ 级地震震中位置一致,时间间隔一年半。通过以上分析,笔者排除了“咸丰六年五月初八日垫江地震”和“咸丰六年丙辰五月初八日南川陈家场及巴邑太和场一带地微震”在黔江-咸丰地震的有感范围内。《乾州厅志》记载“咸丰六年五月十一日辰刻地震”,具体发震时间为 1856 年 6 月 13 日,有可能记载有误,实际为 1856 年 6 月 10 日,因为离乾州(今吉首)很近的花垣、保靖均有记载,因此认为乾州(今吉首)有可能在黔江-咸丰地震的有感范围内,否则黔江-咸丰地震的有感范围将更小,震级估算结果更小。

笔者剥离出垫江、南川这两次前人误判的地震之后,黔江-咸丰地震实际有感范围几乎缩减了一半面积(与黄伟(1993)得到的有感范围 98000km² 相比),这与一个 5~6 级地震的有感范围基本相当。从资料记载的区县分布来看,主要分布在震中东面,呈 NNE 向。

5 历史地震震级的估算

地震的震级是按震中烈度或各烈度的影响范围来估算的。当然,对于没有仪器记录的地震,仅根据历史地震宏观记载来确定震级,准确性不可能很高,其精确度应为半级。但我们可以采用多种方法,尽量缩小震级误差的范围。本文采用多种方法对黔江-咸丰地震的震级进行估算。

5.1 利用震中烈度求震级

5.1.1 利用李善邦(1960)、卢荣俭(1981)、朱书俊(1989)、武焕英(1989)总结出的经验公式估算

将 $I_0=8$ 和 $I_0=9$,分别代入表 5 中的计算公式。其中, M 为震级, I_0 为震中烈度, $I \leq I_0 \leq \text{XIII}$,取整数,由罗马字母表示。

表 5 利用烈度与震级的经验公式计算黔江-咸丰地震震级

序号	经验关系	M	来源
1	$M = 1.5 + 0.58I_0$	6.14, 6.72	李善邦, 1960
2	$M = 1.45 + 0.60I_0$	6.25, 6.85	卢荣俭等, 1981
3	$M = 0.37 + 0.71I_0$	6.05, 6.76	朱书俊, 1989
4	$M = 1.42 + 0.61I_0$	6.30, 6.91	武焕英, 1989

5.1.2 利用重庆及邻区烈度衰减关系进行估算

表 6 为重庆及邻区烈度衰减关系回归结果。根据衰减关系式(秦娟等, 2014)

$$I = B_1 + B_2M + B_3 \lg(R_1 + R_a) + B_4 \lg(R_s + R_b) + \varepsilon \quad (1)$$

式中, I 为地震烈度, B 为回归系数, M 为震级, R_1 和 R_s 分别是烈度为 I 的椭圆等震线的长半轴和短半轴长度, R_a 、 R_b 为烈度衰减的近场饱和因子(预设因子); ε 为回归分析中表示

表 6 重庆及邻区烈度衰减关系回归结果

长、短轴	B_1	B_2	B_3/B_4	d/km	σ
长轴	5.2239	1.2045	-3.8363	15	0.7487
短轴	3.2064	1.2045	-2.9516	7	0.7487

不确定的随机变量,通常假定为正态分布,其均值为零,标准差为 σ 。

当 $R=0$ 时,该公式化为震级烈度关系式,得到 $I_0=8$ 时, $M=6.05$; $I_0=9$ 时, $M=6.92$ 。



5.2 利用烈度圈面积求震级

根据极震区面积,利用陈培善等(1975)经验公式估算震级

$$M = 3.53 + 0.0339I_0^2 + 0.0178(\lg A_0)^2 \tag{2}$$

式中, M 为震级, I_0 为震中烈度, A_0 为极震区面积,具体取值见 3.2 节中表 4。计算结果为,当 $I_0=8$ 时, $M=5.76$;当 $I_0=9$ 时, $M=6.34$ 。

5.3 利用有感半径(Ⅳ度等效圆半径)求震级

5.3.1 利用我国东部地区Ⅳ度等效圆半径 R 与震级 M 的关系式估算

我国东部地区Ⅳ度等效圆半径 R 与震级 M 的关系式为

$$M = 1.60\lg R + 2.12 \tag{3}$$

从图 1 可知,等效圆半径 $R=130\text{km}$,带入式(3),得到 $M=5.52$ 。

5.3.2 利用雷建成等(2006)统计的公式估算

西南地区近代地震的震中烈度与有感半径的统计研究

$$\lg R = -0.0365 + 0.3760M \tag{4}$$

将等效圆半径 $R=130\text{km}$ 带入上式,得到 $M=5.72$ 。

5.4 与 1854 年南川 5½级地震比较

将这次地震与重庆地区 1854 年 12 月 24 日南川 5½级地震进行比较,具体见表 7。

表 7 1856 年黔江-咸丰地震与 1854 年南川地震比较

震例	震害记载	有感范围
1856 年 6 月 10 日	“山崩十余里,压死左右民居三百余家”“地大震,后坝乡山崩……忽大声如雷震,屋宇晃摇,势欲倾倒,屋瓦皆飞,池波涌立,民惊号走出,仆地不能立起。”“山崩十余里,压杀左右民居数百家”“十五里内民户皆为齏<音跻>粉”“地大震”“大路坝山崩,由梅家湾、板桥溪抵蛇盘溪三十余里皆成湖,压毙居民以数百计”,“山崩,压死千有余人”…….	有史料记载的县共有 12 个,资料相对丰富,最远有感范围 200km
1854 年 12 月 24 日	从南路陈家(今南平镇)起,毁庙宇、民房、坟墓,压毙人畜无算。自是或日一震,或日数震、或数日一震、数十日一震。震时,如有物由地中行,至次冬始息	《南川县志》《綦江县志》《重修涪州志》《巴县志》有记载,最远有感范围 75km(陆联康,1989)。

根据上述比较可知,1856 年黔江-咸丰地震震级应大于 5½级。

根据上述方法,考虑震中烈度和有感范围,若震中烈度 $I_0=8$ 时,震级范围在 5.5~6.30 之间;若震中烈度 $I_0=9$,震级范围在 5.5~6.92 间。

6 结语

本文对黔江-咸丰地震的有感范围进行了重新调查复核,并剥离出垫江、南川这 2 次前人误判的地震,从而将此次地震的有感范围缩小了近一半面积。通过翻阅《黔江县志》对建筑破坏情况进行了核实,发现公署、公建和宗教等建筑没有发生破坏的记载。对前人发现的疑似地裂缝进行了核实,未发现地表破裂。

综上所述,作者认为黔江-咸丰地震震中烈度为Ⅷ度的可能性较大,震级在 6 级左右。但是黔江-咸丰地震的震中烈度和震级确定依然有疑问,还需要进一步的研究,小南海地震地质灾害谜团还有待进一步研究。

致谢：本文在撰写过程中得到周庆研究员、黄伟高级工程师的帮助，在此向他们表示衷心的感谢。

参考文献

- 陈培善、刘家森,1975,用位错模型研究震级与烈度的关系,地球物理学报,18(3),183~195.
- 丁仁杰、李克昌,2004,重庆地震研究,北京:地震出版社.
- 顾功叙,1983,中国地震目录(公元前 1831—公元 1969 年),北京:科学出版社.
- 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),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),北京:地震出版社.
- 何泽禄,2015,献中黔江,江苏:广陵书社.
- 洪海春、尤捷、陶小三等,2015,2014 年云南鲁甸地震和景谷地震的震害对比研究,地震工程学报,37(4),1013~1022.
- 湖北地震志编纂委员会,1990,湖北地震志,北京:地震出版社.
- 黄伟,1993,1856 年黔江、咸丰间 6 $\frac{1}{4}$ 级地震,见:唐荣昌、韩渭滨,四川活动断裂与地震,29~33,北京:地震出版社.
- 雷建成、高孟潭、俞言祥,2006,西南地区近代地震的震中烈度与有感半径的统计研究,震灾防御技术,1(2),137~145.
- 李善邦,1960,中国地震目录,北京:科学出版社.
- 刘锁旺、丁忠孝、张俊山,1981,1856 年湖北咸丰县大路坝地震考察,地壳形变与地震,(2),69~81.
- 卢荣俭、宋雅桐、陈达生,1981,等震线图与震级关系,见:中国科学院工程力学研究所,地震工程研究报告第四集,北京:科学出版社.
- 陆联康,1989,1856 年黔江地震震级讨论,见:闵子群,中国历史地震研究文集 1,60~61,北京:地震出版社.
- 闵子群,1989,中国历史地震研究文集 1,北京:地震出版社.
- 秦娟、蔡辉腾、王赞军,2014,重庆及其邻区地震烈度衰减关系的进一步研究,地震工程与工程振动,34(1),54~61.
- 孙成民,2010,四川地震全记录(公元前 26 年-公元 1949 年 9 月,上卷),成都:四川人民出版社.
- 唐荣昌、韩渭滨,1993,四川活动断裂与地震,北京:地震出版社.
- 吴坤罡、吴中海、黄小龙等,2015,云南盈江 2014 年 5·30 M_s 6.1 地震的主要震害特征,地质力学学报,21(1),87~96.
- 武焕英,1989,历史地震震级估算,见:闵子群,中国历史地震研究文集 1,97~104,北京:地震出版社.
- 谢毓寿、蔡美彪,1987,中国地震历史资料汇编第三卷(下),北京:科学出版社.
- 徐锡伟,2017,中国近现代重大地震事件考证(上卷 1850-1948),北京:地震出版社.
- 中国地方志编委会,1992,中国地方志集成·四川府县志辑,成都:巴蜀书社.
- 中国地震简目编辑组,1988,中国地震简目(公元前 780 年-公元 1986 年($M \geq 4\frac{3}{4}$)),北京:地震出版社.
- 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会,2009,GB/T 17742-2008 中国地震烈度表,北京:中国标准出版社.
- 中央地震工作领导小组办公室,1971,中国地震目录,北京:科学出版社.
- 朱书俊,1989,历史地震参数评定,见:闵子群,中国历史地震研究文集 1,143~149,北京:地震出版社.
- 朱书俊,1993,关于历史有感地震的几点讨论,东北地震研究,9(3),45~50.

Discussion on the Epicentral Intensity and Magnitude of the 1856 Qianjiang-Xianfeng Earthquake

*Qin Juan Wang Zanjun Wang Hongchao Dong Di Li Cuiping Gong Liwen
Tang Maoyun*

Chongqing Earthquake Agency, Chongqing 401147, China

Abstract In different versions of the directory, the 1856 Qianjiang-Xianfeng earthquake shows not a small difference on the epicentral intensity and magnitude. In this study, we gave a further collection of historical materials, consulting a wider range of historical records and local chronicles, and conducting a detailed analysis of the earthquake damage caused by it. Based on the field investigation of the Qianjiang-Xianfeng earthquake and the comparative analysis of several earthquakes in the southwest mountainous area in recent years, the possibility of the epicenter intensity is further discussed from the point of view of earthquake damage and the different intensity areas of seismic intensity map. We used several methods to estimate the magnitude of the earthquake. However, the determination of the epicentral intensity and magnitude of the Qianjiang-Xianfeng earthquake is still a difficult problem and needs further study.

Key words: Epicentral intensity; Magnitude; Range of sensation; Historical materials; Earthquake damage